SCIENCE & VIE

SCIENCE & VIE

N° 1223
AOÛT 2019



THÉORIE DE LA BÊTISE

L'INTELLIGENCE N'EST QU'UNE ILLUSION !



"FRIGOGATE"

La triche énergétique de l'électroménager

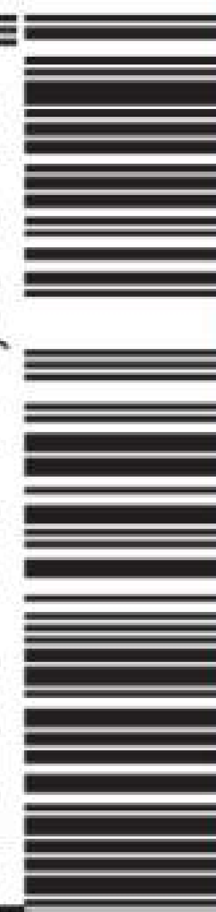
UNIVERS

Voici les premiers paysages

MALADIE DE LYME

Pourquoi une telle controverse ?

D : 6,90 € - BEL : 4,80 € - ESP : 4,90 € - GR : 4,90 € - DOM S : 4,90 € - DOM A : 6,90 € - ITA : 4,90 € - LUX : 4,80 € - PORT CONT : 4,90 €
CAN : 6,75 $ CAN - MAR : 50 DH - TOM S : 750 CFP - TOM A : 1 400 CFP - CH : 8,50 FS - TUN : 9,50 DTU



SCIENCE & VIE N°1223 - Août 2019 | Frigogate | Théorie de la bêtise | Maladie de Lyme | Astéroïdes | Homo | Séismes et IA | Projet Magma | Crème solaire | Ménopause

VISIT…

LANZAROTE

Caliente.COM

• CRÉDIT & ASSURANCE •

VOUS CHERCHEZ LE MEILLEUR TAUX ?

300 agences pour vous accompagner

meilleurtaux.com


1 000 experts

en agences

à distance

Un crédit vous engage et doit être remboursé. Vérifiez vos capacités de remboursement avant de vous engager.

Aucun versement, de quelque nature que ce soit, ne peut être exigé d'un particulier avant l'obtention d'un ou plusieurs prêts d'argent. Pour tout prêt immobilier, l'emprunteur dispose d'un délai de réflexion de 10 jours ; l'achat est subordonné à l'obtention du prêt, s'il n'est pas obtenu, le vendeur doit lui rembourser les sommes versées. Meilleurtaux, 36 rue de Saint-Pétersbourg 75008 Paris, société par actions simplifiée au capital de 1 000 000 €, RCS Paris n°424 264 281. Courtier, Mandataire non-exclusif et Mandataire d'intermédiaire en Opérations de Banque et Services de Paiement - Intermédiaire en assurance - ORIAS n° 07 022 955 (www.orias.fr). Sous le contrôle de l'ACPR, 4 place de Budapest 75436 Paris Cedex 09 (www.acpr.banque-france.fr).
Listes des agences franchisées – commerçants indépendants – et des partenaires consultables sur meilleurtaux.com.



Yves Sciama
y.sciama@mondadori.fr

Votre frigo vous ment !

C'est de mes enquêtes sur les dangers de la chimie que m'est venue l'idée de ce sujet sur l'électroménager. Car c'était un leitmotiv des toxicologues que j'interrogeais : les tests régissant la mise sur le marché des produits chimiques sont trop accommodants, en partie parce que les industriels pèsent sur leur élaboration. De là à penser que c'était sans doute la même chose pour la voracité énergétique de nos appareils domestiques, il n'y avait qu'un pas. La piste méritait en tout cas d'être explorée.







Thomas Cavaillé-Fol
thomas.cavaille@mondadori.fr

Plongée en surface

Capturer l'esprit est une entreprise risquée. La science moderne s'est bien gardée de trop s'y avancer – ses rares tentatives pour structurer notre psyché n'ont jamais été très concluantes. Mais voilà que débarque une nouvelle théorie iconoclaste : l'esprit serait plat, il nous donnerait seulement l'illusion d'être profond. Plus d'inconscient freudien, de convictions ni de "moi intérieur" ! Plus surprenant : chacun des spécialistes de la cognition interrogés semblait d'accord… Et si on avait enfin trouvé la théorie de l'esprit ? Une théorie qui serait à la fois celle de notre intelligence… et de notre bêtise.



Mathilde Fontez
mathilde.fontez@mondadori.fr

Le plaisir des missions spatiales

D'abord, il faut être patient. Il y a la préparation de la mission, puis le voyage : deux ans pour la première sonde, quatre pour la seconde. Ensuite, tout s'accélère. Les premières images arrivent, des paysages vierges, énigmatiques, avec des questions scientifiques inédites. Des ingénieurs insomniaques se relaient dans la salle de contrôle : la science progresse et la technique résout des casse-tête sous nos yeux, en temps réel. Un monde minéral se révèle alors, plus noir que le charbon. Le monde primitif.

DR

Sommaire

Août 2019 **n°1223**

06 **Forum**

L'actu des sciences

12 **En image**
257 poissons figés dans leur élan il y a 50 millions d'années; des cendres volcaniques ont été retrouvées sur mars…

16 **Grand angle**
Le trou géant de la banquise antarctique est enfin élucidé; la première empreinte de peau de dinosaure jamais découverte; on a compris pourquoi l'eczéma revient toujours au même endroit…

20 **Focus**
Un an et demi dans l'espace… et toujours vivants!

26 **En chiffres**
Nous ingérons au minimum 300 microplastiques par jour

Science & société

28 Enquête
Après le dieselgate, le "frigogate"?

36 Data
La mauvaise alimentation est un péril mondial

38 Tendance
Santé, bien-être: l'épigénétique à toutes les sauces?

42 Retour sur image
Le jour où le nouvel avion de combat européen a été dévoilé

44 L'étrange affaire…
de la ville aux 1000 jumeaux

46 Les clés pour comprendre…
le lien entre avion et climat

48 En débat
Accident nucléaire: la nouvelle distribution d'iode interroge

50 L'objet du mois
Les nouveaux billets seront plus difficiles à falsifier

52 Futur
Un projet de ville flottante face à la montée des eaux; Des panneaux biosolaires sont testés contre la pollution...

14 Poissons fossilisés

28 "Frigogate"

50 Nouveaux billets

NOBUAKI MIZUMOTO ET AL. - SHUTTERSTOCK - EUROPEAN CENTRAL BANK COPYRIGHT 2018 - GETTY IMAGES - NASA/GODDARD/UNIVERSITY OF ARIZONA - WESTEND61/G.FERRANDO/GETTY IMAGES
COUVERTURE: GETTY IMAGES - SHUTTERSTOCK

SCIENCE&VIE 8, rue François-Ory 92543 Montrouge Cedex
Tél.: 01 46 48 48 48 - Fax: 01 46 48 48 67 E-mail: svmens@mondadori.fr
Recevez *Science & Vie* chez vous. Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 129.
Pour commander d'anciens numéros, rendez-vous sur www.kiosquemag.com. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par Internet sur www.kiosquemag.com.

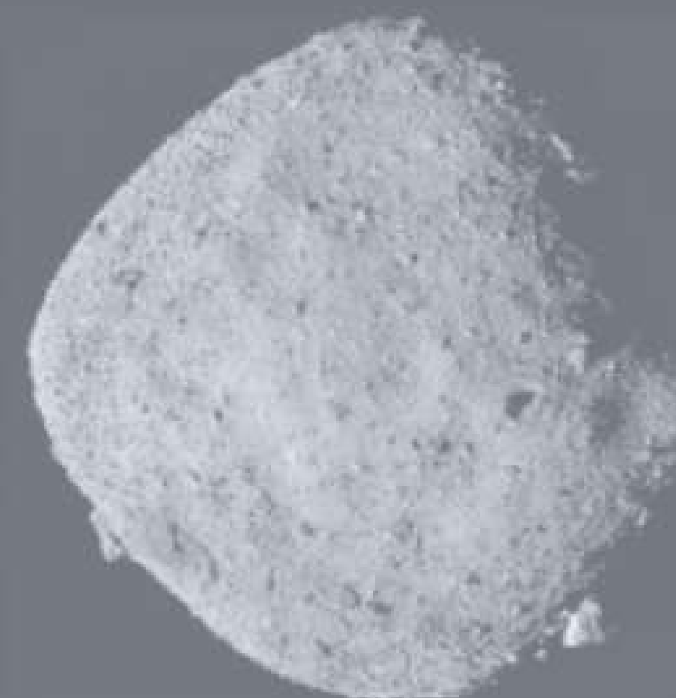
Un encart Soldes été 2019 est jeté sur les exemplaires d'une partie de la diffusion abonnés France Métropolitaine.
Un encart Croisière Science & Vie est jeté sur les exemplaires de toute la diffusion abonnés France Métropolitaine.

58

À la Une

58 **THÉORIE DE LA BÊTISE**
Notre esprit, loin d'être insondable, fonctionnerait de façon totalement superficielle! *Quid*, alors, des notions de convictions, de personnalité, d'inconscient?

82
Astéroïdes



Les dossiers

76 Géologie
Séismes: l'IA redonne l'espoir de les prédire!

82 Astronomie
Astéroïdes Ryugu et Bennu: la découverte d'un nouveau monde

100 Aéronautique
Projet Magma: le premier surfeur des airs

92 Paléoanthropologie
***Homo*: une famille de plus en plus compliquée**

104 Médecine
Maladie de Lyme: pourquoi elle défie la science

Chiens stressés 115

Bon à savoir

112 **C'est maintenant**
Les crèmes solaires en question

114 **En pratique**
Avoir des caries dans l'enfance est mauvais pour les artères; les maîtres stressés stressent bien leur chien…

118 **Technofolies**

122 **À voir/à lire/à faire**

124 **Questions/Réponses**
Quel est le son le plus fort de l'histoire? Peut-on avoir conscience du moment où l'on s'endort?…

130 **Bulle de science**

Merci d'adresser vos courriers à : sev.lecteurs@mondadori.fr

E.T. POURRAIT-IL NOUS PARLER PLUS VITE QUE LA LUMIÈRE ?

Quand vous dites dans votre excellent article sur la communication extraterrestre (n°1222, p. 62) qu'une réponse est attendue pour 2042 sur notre Terre, vous présupposez que "quelqu'un" utiliserait les mêmes moyens pour nous répondre… Or il n'est pas impossible d'imaginer que si des civilisations extraterrestres avaient la capacité extraordinaire de réceptionner un message à de telles distances et de le décoder, elles utiliseraient des moyens plus rapides pour la réponse – et même instantanés, comme l'intrication quantique !

Maurice Prand, Grenoble (38)

S&V En fait, c'est plutôt difficile à imaginer. Car les messages ont été envoyés à la vitesse de la lumière. Communiquer plus vite impliquerait donc d'envoyer des informations… dans le passé ! Il faudrait alors renoncer à la relation de cause à effet ou au principe d'universalité selon lequel les lois



s'expriment pareillement dans tout l'Univers. Bref, il faudrait renoncer à toute la démarche scientifique (voir *S&V* n°1130, p. 88). Même l'intrication quantique respecte cette interdiction fondamentale. Certes, il s'agit d'un lien par-delà l'espace et le temps entre deux particules : toute action sur l'une a instantanément un effet sur l'autre. Mais le caractère probabiliste de la mécanique quantique rend impossible d'utiliser ce lien pour transmettre des informations. En l'état actuel des connaissances, la vitesse de la lumière est bel et bien le frein majeur à toutes tentatives de communications. Même pour les E.T. !

> Comment pourrions-nous communiquer avec des E.T. alors que nous sommes infichus de le faire avec les plantes et autres créatures… même, parfois, avec notre voisin de palier !
>
> ***Fabrice Pasquier**, internet*

FAUT-IL CRIER AU CHIEN ?

Tout le monde s'étonne du nombre de bêtes tuées par le loup en France (*S&V* n°1220, p. 32). Moi pas : là où j'habite, je rencontre très rarement des bergers accompagnant les troupeaux et guère plus leurs chiens, des patous, qui déambulent au loin, laissant les loups se régaler, mais s'attaquent aux randonneurs et aux cyclistes !

Alain Ameur, Alpes-Maritimes

S&V Difficile de se prononcer sur l'assiduité des bergers. Mais l'agressivité des chiens de protection inquiète aussi les maires des communes

Le message oublié

Dans votre liste des 32 messages envoyés aux extraterrestres, il est regrettable que vous ne signaliez pas celui envoyé en 1989 vers le centre de la Voie lactée par le radiotélescope de Nançay – et parti donc du territoire français! À l'époque, des volontaires avaient déposé leur prose sur Minitel, et sa destination était vue comme une région privilégiée, du fait de sa densité. Vingt ans plus tard, maintenant que l'on pense que seules des zones préservées de l'explosion des supernovae mais assez riches en métaux peuvent abriter des planètes rocheuses habitables, cet endroit apparaît comme une bien mauvaise destination, un bûcher de l'évolution.

Laurent Gruel, La Salvetat-Saint-Gilles (31)

---

fréquentées par le loup. Des pétitions demandant l'interdiction de ces chiens ont même été lancées en Suisse. Par ailleurs, le suivi scientifique des troupeaux montre que certains chiens se montrent très craintifs ou apathiques lorsque les loups débarquent, voire copinent avec la bête. Il faut dire que l'éducation de ces grands chiens (patous, bergers d'Anatolie…) demande une expertise technique que n'ont pas la plupart des bergers. Des études ont lieu à l'Inra pour trouver les filières de chiens les plus adaptées. Une alternative est aussi évoquée: utiliser des ânes ou des lamas, deux purs herbivores qui, paraît-il, terrorisent les loups!

On en reparle



LA STIMULATION TRANSCRÂNIENNE TESTÉE SUR DES PRISONNIERS!

En novembre 2017, nous vous révélions une nouvelle piste de recherche pour le moins troublante (n°1202, p. 42): la stimulation transcrânienne, une technique promettant de modifier, par des courants électriques ou des champs magnétiques, les capacités sensorielles, physiques, intellectuelles et donc, *in fine*, le comportement. Des recherches encore balbutiantes, certes, mais qui posaient d'ores et déjà des questions d'ordre éthique.

Ces interrogations sont en train de se concrétiser alors que vient d'être publiée une étude testant l'efficacité de la stimulation électrique pour diminuer l'agressivité de prisonniers; 41 volontaires, résidents d'un centre pénitentiaire espagnol, ont ainsi répondu à un questionnaire évaluant leur niveau d'agressivité, avant et après avoir reçu trois sessions quotidiennes de stimulation au niveau du cortex préfrontal. Une aire cérébrale que de précédentes études avaient corrélée à l'agressivité et à la violence. Résultat: les prisonniers ayant reçu la stimulation réelle ont vu leur agressivité diminuer de manière plus importante que ceux ayant reçu la stimulation placebo. Si cet effet était à l'avenir confirmé, un débat sur les usages de cet étrange outil de manipulation mentale deviendrait des plus urgents. **E.Abdoun**

On en reparle



DES “FACTEURS DE JOUVENCE” SANGUINS IDENTIFIÉS

L’utilisation du sang comme élixir de jeunesse n’a décidément rien de délirant. En juillet 2017, nous nous étonnions des effets réjuvénateurs des transfusions de sang jeune à des souris âgées, tels que l’augmentation de la régénération musculaire et hépatique et une amélioration cognitive. Nous vous relations également les conséquences positives de cette découverte: le lancement, par des scientifiques sérieux, d’essais cliniques et de recherches des molécules impliquées dans ces effets, dans l’espoir de développer des médicaments. Mais cette découverte avait aussi eu un autre effet: la création d’une start-up proposant bien trop hâtivement, et contre des milliers de dollars, des transfusions de sang jeune à des personnes âgées riches et désespérées.

Et, de fait, en début d’année, l’Agence américaine de sécurité des médicaments a ordonné à cette start-up d’arrêter ses transfusions, dont l’intérêt sur l’humain n’est pas encore démontré. Oui, mais en juin dernier, des scientifiques ont annoncé avoir identifié deux molécules enrichies dans le sang jeune, qui seraient responsables d’une partie de ses bénéfices: *in vitro*, elles améliorent la capacité de communication des neurones, notamment en doublant le nombre de synapses (la partie du neurone qui envoie les messages nerveux). Bref, la science – très sérieuse – de la “réjuvénation sanguine” continue d’avancer! **E.Abdoun**

LES OGM, C’EST AVANT TOUT POLITIQUE !

Le problème des récentes méthodes de mutagenèse n’est pas technique, comme vous le présentez dans votre article (*S&V* n°1221, p. 34), mais politique. Deux visions antagonistes de l’agriculture s’affrontent. D’un côté, une agriculture de pointe aux pratiques formatées, fortement mécanisée, qui nécessite de nombreux intrants chimiques et peu de main-d’œuvre, tenue par de puissantes multinationales de l’agro-business, avec un enjeu très fort sur la propriété intellectuelle des semences. Et, de l’autre, une agriculture paysanne, basée sur une grande diversité de semences non-brevetées et des pratiques qui nécessitent moins de machines, plus de main-d’œuvre et qui est compatible avec l’agrobiologie. Quelles que soient les performances des biotechnologies, ce ne sont pas elles qui trancheront le débat mais bien nos sociétés.

Sylvestre Lambey, Figeac (46)

S&V La définition du modèle agricole français est effectivement une question politique, mais qui ne dépend peut-être pas autant que vous le suggérez du fait de cultiver ou non des organismes génétiquement modifiés.

Prenons par exemple le refus de la brevetabilité du vivant. Les semences américaines peuvent faire l’objet de brevets, qu’elles soient OGM ou non. La France, elle, a choisi de ne pas breveter les nouvelles graines qu’elle met sur le marché (jusqu’à présent uniquement des non-OGM). Et l’Institut national de la recherche agronomique (Inra) préconise que cette règle s’applique aux “nouveaux OGM” qui pourraient à l’avenir être produits sur notre territoire.

Quant à l’usage des pesticides, son lien avec les OGM est lui aussi complexe: il existe des plantes non-OGM tolérantes à des herbicides et, à l’inverse, des OGM qui ne sont dotés d’aucune tolérance particulière (résistance à la sécheresse…), voire diminuant l’usage des pesticides (plantes résistantes à des insectes ou à des maladies).

Erratum

Thomas Depoilly, des Mureaux (78), nous le confie: *“Dans votre dossier microbiote (S&V n°1219), j’ai bien rigolé en lisant que les souches bactériennes peuvent diminuer* ‘le risque de dermatite atomique’. *Une nouvelle forme de l’eczéma ‘atopique’?”*

80 %

des Français ignorent qu'il y a des aides financières pour la rénovation énergétique[1].

J'agis avec ENGIE

Demandez à nos conseillers économies d'énergie à quelles aides vous avez droit.

Contactez nos conseillers économies d'énergie au 09 69 32 34 35[2] ou sur particuliers.engie.fr

ENGIE

L'énergie est notre avenir, économisons-la !

(1) Enquête Opinion Way réalisée en novembre 2018.

(2) Ligne téléphonique disponible du lundi au vendredi de 9h00 à 18h00. Service gratuit + prix d'un appel local depuis un poste fixe.

ENGIE : SA AU CAPITAL DE 2 435 285 011 € - RCS NANTERRE 542 107 651. © Getty Images.

Dans les kiosques

L'HOMME SUR LA LUNE



Lors de l'aventure Apollo 11, *Science& Vie* s'était mobilisé pour concevoir un Hors-Série exceptionnel de 160 pages… que nous rééditons pour le cinquantenaire de l'événement. Il est accompagné d'un supplément de 28 p. qui détaille les différentes missions de ce projet hors normes et envisage l'avenir de la conquête spatiale.
Science & Vie Hors-Série, **6,90 €**

TERRE DE MIGRANTS



Cul-de-sac de terre situé à l'extrémité ouest de l'Eurasie, l'Europe s'est pourtant imposée au fil des millénaires comme un carrefour majeur des mouvements mondiaux de populations. Ces migrations ont parfois laissé des cicatrices douloureuses. Mais à elles toutes, elles ont forgé ce qu'on appelle aujourd'hui l'Occident.
Les Cahiers de Science & Vie, **6,50 €**

100 QUESTIONS ET 100 RÉPONSES



Les fourmis peuvent-elles être paresseuses? Les méduses, elles dorment? Et les plantes, la nuit, elles font quoi? La 33e édition de notre trimestriel *Questions Réponses* est dans les kiosques. Avis à tous les curieux!
Science & Vie Questions Réponses, **5,50 €**

SCIENCE & VIE

Une publication du groupe
MONDADORI FRANCE
PRÉSIDENT: Ernesto Mauri

RÉDACTION
8, rue François-Ory
92543 Montrouge CEDEX
Tél.: 01 46 48 48 48 - Fax: 01 46 48 48 67
E-mail: svmens@mondadori.fr

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION Matthieu Villiers, assisté de Christelle Borelli
RÉDACTEUR EN CHEF Hervé Poirier
RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT Grégoire Bouillier (chef d'édition)
DIRECTRICE ARTISTIQUE Yvonne Diraison
CHEFS DE SERVICE Valérie Greffoz (rédactrice en chef déléguée du site internet), Vincent Nouyrigat, Caroline Tourbe (science & société, médecine)
CHEFS DE RUBRIQUE Mathilde Fontez (sciences fondamentales), Muriel Valin (technologies)
RÉDACTEURS Elsa Abdoun, Thomas Cavaillé-Fol, Émilie Rauscher
SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION Florence Roucolle
PREMIÈRE SECRÉTAIRE DE RÉDACTION Anne Riera
MAQUETTISTES Valérie Samuel-Charrier (1re maquettiste), Élisabeth de Garrigues
SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE Anne Levy (chef de service photo), Boris Bellanger (chef de service infographie)
DOCUMENTATION Marie-Anne Guffroy
ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO S. Aquindo, L. Barnéoud, K. Bettayeb, L. Blancard, P.-Y. Bocquet, B. Bourgeois, S. Brunier, F. Cadu, G. Cirade, A. Dagan, E. D'Annunzio, A. Debroise, O. Donnars, S. Fay, J. Gasull, F. Gracci, L.-P. Grellier, N. Guillon, C. Hancok, R. Ikonicoff, T. Jones, M. Kontente, G. Langin, A. Le Denn, F. Lert, M.-C. Mérat, A. Périnet, B. Perrin, N. Picard, A. Pihen, B. Rey, Y. Sciama, A.-L. Thadée, E. Thierry-Aymé, J.-F. Tubiana-Potiez, J.-B. Veyrieras

DIRECTION-ÉDITION
DIRECTION PÔLE Carole Fagot
DIRECTEUR DÉLÉGUÉ Sébastien Petit

ABONNEMENTS ET DIFFUSION
DIRECTEUR MARKETING CLIENTS/DIFFUSION Christophe Ruet
ABONNEMENTS Catherine Grimaud (directrice marketing direct) Juliette Mesnil (responsable marketing direct)
VENTES AU NUMÉRO Christophe Chantrel (directeur des ventes), Siham Daassa (responsable ventes marché) Béatrice Thomas (responsable ventes)

MARKETING/INTERNATIONAL
Giliane Douls, Mathilde Janier-Bonnichon

PUBLICITÉ
DIRECTEUR EXÉCUTIF Cécile Chambaudrie
CONTACTS PUBLICITÉ Virginie Commun (50 28), Lionel Dufour (50 19)
PLANNING Angélique Consoli (53 52), Stéphanie Guillard (53 50)
RESPONSABLE TRAFIC Catherine Leblanc (43 86)

OPÉRATIONS SPÉCIALES
Véronique Besse (43 89)
Grande-Bretagne: Publieurope LTD (infolodon@publieurope.com – 44 (0)20 7927 9800);
Allemagne: Publieurope Munich (infomunich@publieurope.com 0049 89 2908150);
Suisse: Publieurope Lausanne (infolausanne@publieurope.com 0041 21 323 3110);
Espagne: Publimedia Madrid (infomadrid@publim-gestion.es 0034 91 212 83 00)

FABRICATION
Daniel Rougier, Agnès Châtelet

PRÉ-PRESSE
Sylvain Boularand (responsable de service) Christophe Guérin (adjoint)

FINANCE MANAGER
Renaud Terrade

ÉDITEUR
MONDADORI MAGAZINES FRANCE
Siège social: 8, rue François-Ory 92543 Montrouge Cedex
DIRECTEUR DE LA PUBLICATION Carmine Perna
ACTIONNAIRE PRINCIPAL Mondadori France SAS

IMPRIMEUR: ELCOGRAF – ITALIE
N° ISSN: 0036-8 369
N° DE COMMISSION PARITAIRE: 1020 K 79977. Tarif d'abonnement légal:
1 an, 12 nos + accès au site: 49,90 €
1 an, 12 nos + 6 HS + accès au site : 66,90€
Dépôt légal: août 2019

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS
Un souci avec votre abonnement? Appelez-nous au **01 46 48 48 96** (de 8 h à 20 h, du lundi au samedi, prix d'un appel local)
Ou rendez-vous sur www.kiosquemag.com dans votre espace client
Par courrier: **Service abonnement Science & Vie - CS 90125 - 27091 Évreux Cedex 9**
États-Unis et Canada: Express Mag, Tél.: 1 800 363-1310 (français) et 1 877 363-1310 (anglais).
Suisse: Edigroup, 022 860 84 50 mondadori-suisse@edigroup.ch.
Belgique: Edigroup Belgique, 070 233 304 mondadori-belgique@edigroup.be
Autres pays: nous consulter.

À NOS ABONNÉS
Pour toute correspondance relative à votre abonnement, merci d'indiquer votre numéro d'abonné présent sur le film ainsi que vos coordonnées. Les noms, prénoms et adresses sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec S&V sauf opposition motivée. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal. Les manuscrits envoyés ne sont pas rendus.

À NOS LECTEURS
RENSEIGNEMENTS
Par courrier: 8, rue François-Ory, 92543 Montrouge Cedex
Par mail: sev.lecteurs@mondadori.fr
COMMANDE D'ANCIENS NUMÉROS, RELIURES ET VPC
Tel: 01 46 48 48 83
Contact@laboutiquescienceetvie.com

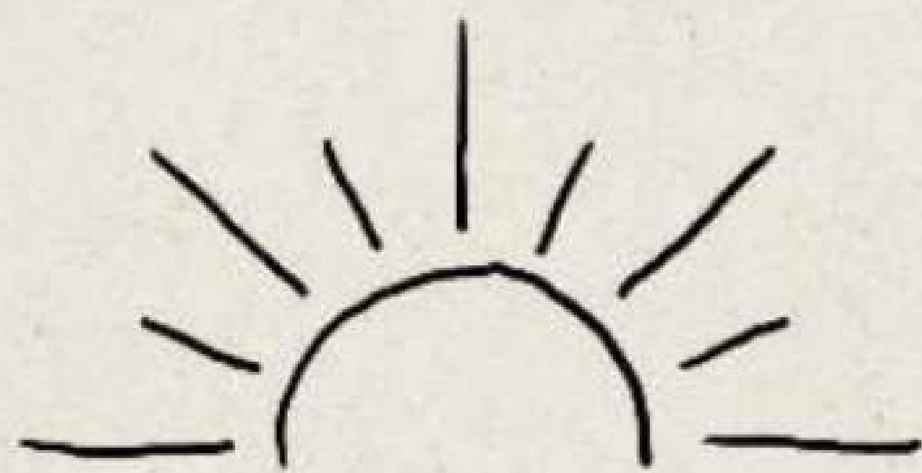
AFFICHAGE ENVIRONNEMENTAL
Origine du papier: Allemagne. Taux de fibres recyclées: 0%. Certification: PEFC. Impact sur l'eau: Ptot 0,016 kg/tonne







Vous êtes exquis ?
Notre citronnade bio aussi.



Des citrons bio à l'accent ensoleillé







Inspirée du fait maison





Honest®

Si simple et si bon

12% de jus de citron à base de concentré © 2019 Honest Tea, Inc. Tous droits réservés. HONEST est une marque déposée de Honest Tea, Inc.Coca-Cola France : Coca-Cola Services France SAS capital de 50 000 Euros - 404 421 083 RCS Nanterre

POUR VOTRE SANTÉ MANGEZ AU MOINS 5 FRUITS ET LÉGUMES PAR JOUR. WWW.MANGERBOUGER.FR

PLANÉTOLOGIE

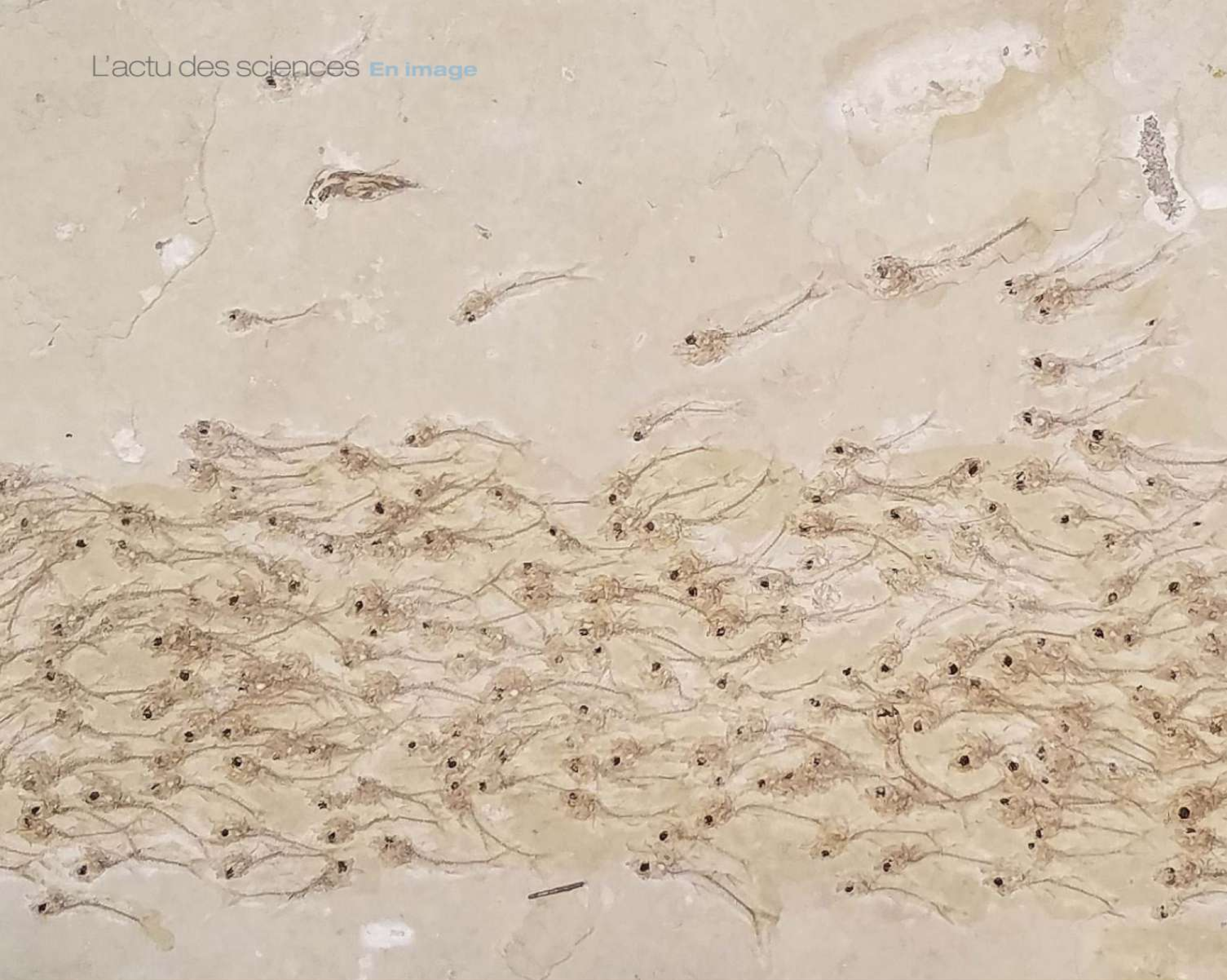
DES CENDRES VOLCANIQUES ONT ÉTÉ RETROUVÉES SUR MARS

Une gerbe de cendres brutalement crachées vers le ciel et projetées sur des centaines de kilomètres… Des volcans ont explosé sur Mars il y a plus de 3 milliards d'années. C'est ce qu'a découvert Christopher Kremer (université Brown, Rhode Island), grâce à l'imagerie satellite d'une région de l'équateur martien. La couche superficielle contient de l'olivine, un minéral verdâtre connu pour se former dans les profondeurs des planètes. Détecté il y a 15 ans, il interrogeait les planétologues : qu'est-ce qui avait bien pu excaver toute cette roche. Un volcanisme ? Mais de quel type ? Effusif ou explosif ? *"Il est important de le savoir, car le type de volcanisme est corrélé à la teneur en gaz et en eau du magma,* explique le chercheur, *et donc aux conditions qui régnaient sur Mars à cette époque reculée."* L'analyse topographique de la zone grâce aux images de la sonde MRO de la Nasa a révélé une superposition de strates de roches de 10 cm à 2 m, trop fines pour être d'anciennes coulées de lave, et dont l'épaisseur ne varie pas entre les pentes d'une montagne et le fond d'un canyon. Il s'agirait donc d'un volcanisme explosif, ce qui devrait être confirmé bientôt : le rover Mars 2020 de la Nasa atterrira sur zone en février 2021. **B.R.**

C. KREMER/BROWN UNIVERSITY/NASA



△ L'olivine (un minéral verdâtre), visible sur cette vue satellite de l'équateur martien, témoigne de l'éruption de volcans explosifs.



PALÉONTOLOGIE

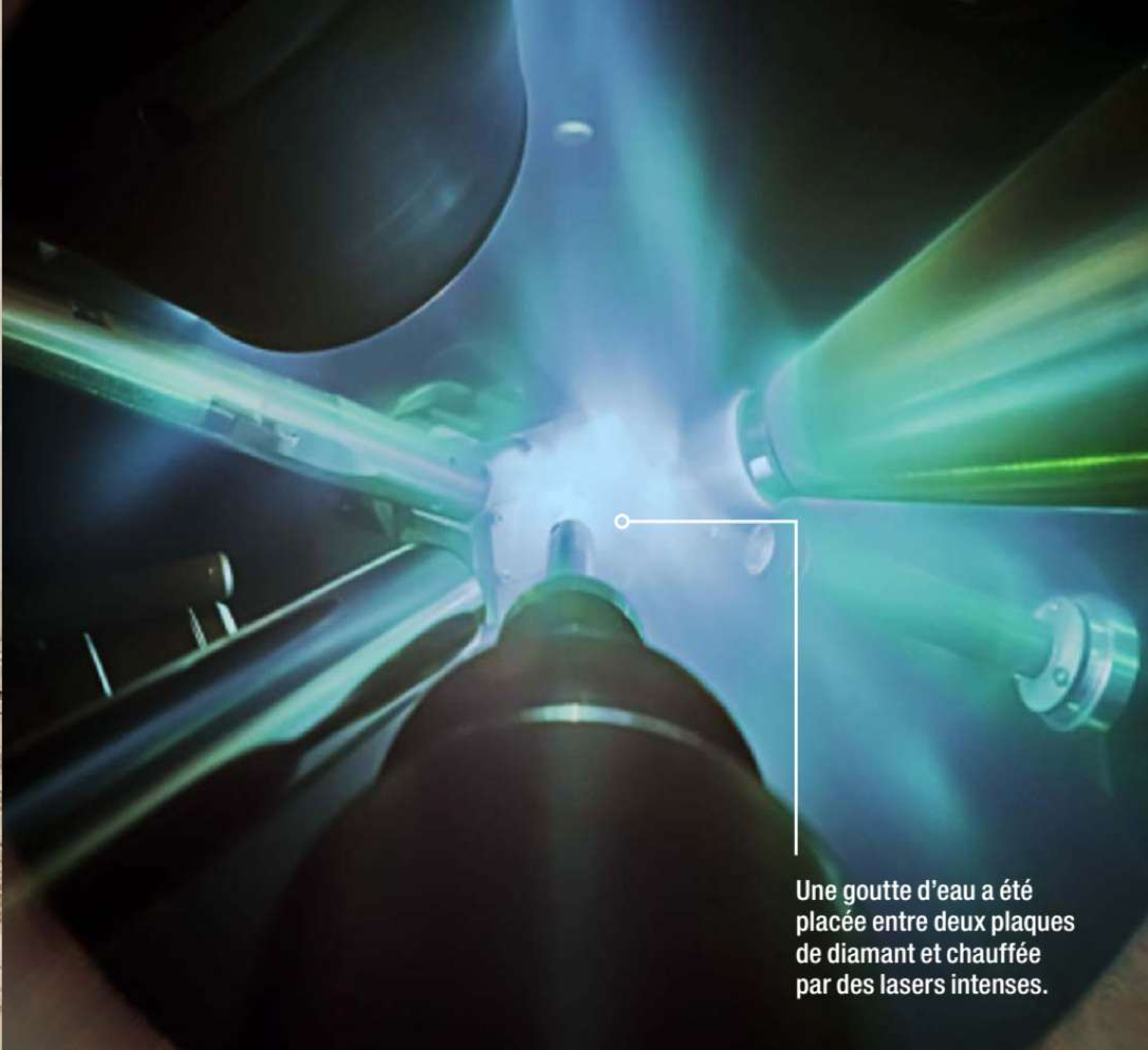
257 POISSONS FIGÉS DANS LEUR ÉLAN IL Y A 50 MILLIONS D'ANNÉES

C'est un fossile exceptionnel. Une fresque qui immortalise pas moins de 257 poissons d'une espèce éteinte, *Erismatopterus levatus*, figés dans la roche il y a 50 millions d'années. Mais comment tous ces spécimens ont-ils pu être pétrifiés ensemble ? Pour Nobuaki Mizumoto, jeune paléontologue qui a redécouvert par hasard ce fossile dans la collection du musée préfectoral des dinosaures de Fukui, au Japon, cela restait un mystère. On aurait pu croire à des poissons morts regroupés aléatoirement au gré des vents et des courants, avant d'être fossilisés. Mais non. Le chercheur a retracé leurs probables mouvements par simulation informatique : *"La très grande majorité est orientée dans le même sens. Il s'agit bien d'un seul et même banc de poissons, vraisemblablement piégé par l'effondrement d'une dune de sable dans une eau peu profonde"*, analyse-t-il. D'autant plus que le mouvement de chacun semble obéir aux déplacements des animaux grégaires : *"On observe à la fois des poissons s'éloignant de leurs proches voisins pour éviter les collisions, et d'autres attirés par des membres éloignés pour assurer la cohésion du groupe."* Selon le paléontologue, c'est sans doute la plus ancienne preuve directe d'interactions sociales chez les poissons. O.D.



Les mouvements de ce banc de poissons témoignent déjà de comportements grégaires.

1 cm



Une goutte d'eau a été placée entre deux plaques de diamant et chauffée par des lasers intenses.

NOBUAKI MIZUMOTO ET AL. - LLNL

PHYSIQUE

DE LA GLACE SUPERIONIQUE A ÉTÉ REPRODUITE SUR TERRE

Des atomes d'oxygène figés par la pression, entre lesquels circulent des atomes d'hydrogène : voilà à quoi ressemble la glace superionique, celle qui se cache sans doute au cœur d'Uranus et de Neptune. *"Un état à mi-chemin entre solide et liquide, prévu par la théorie, mais qu'on observe pour la première fois"*, s'émerveille Marius Millot, du Lawrence Livermore National Laboratory (Californie). L'expérience qu'il a mise au point pour y parvenir, avec Federica Coppari et son équipe, a duré une fraction de seconde. Ils ont placé une goutte d'eau entre 2 disques de diamant et l'ont éclairée de flashs laser intenses, créant des ondes de choc dans l'eau. La pression a alors atteint 1 million de fois celle de l'atmosphère et la température plus de 2000 °C. L'eau (H_2O) s'est alors solidifiée. Mais au lieu de marquer les sommets d'un hexagone, comme dans la glace du congélateur, les atomes d'oxygène (O) ont formé un cube, dont ils occupaient les sommets et le centre des faces. Ceux d'hydrogène (H) se déplaçaient dans ce réseau, créant un matériau conducteur. **A.D.**

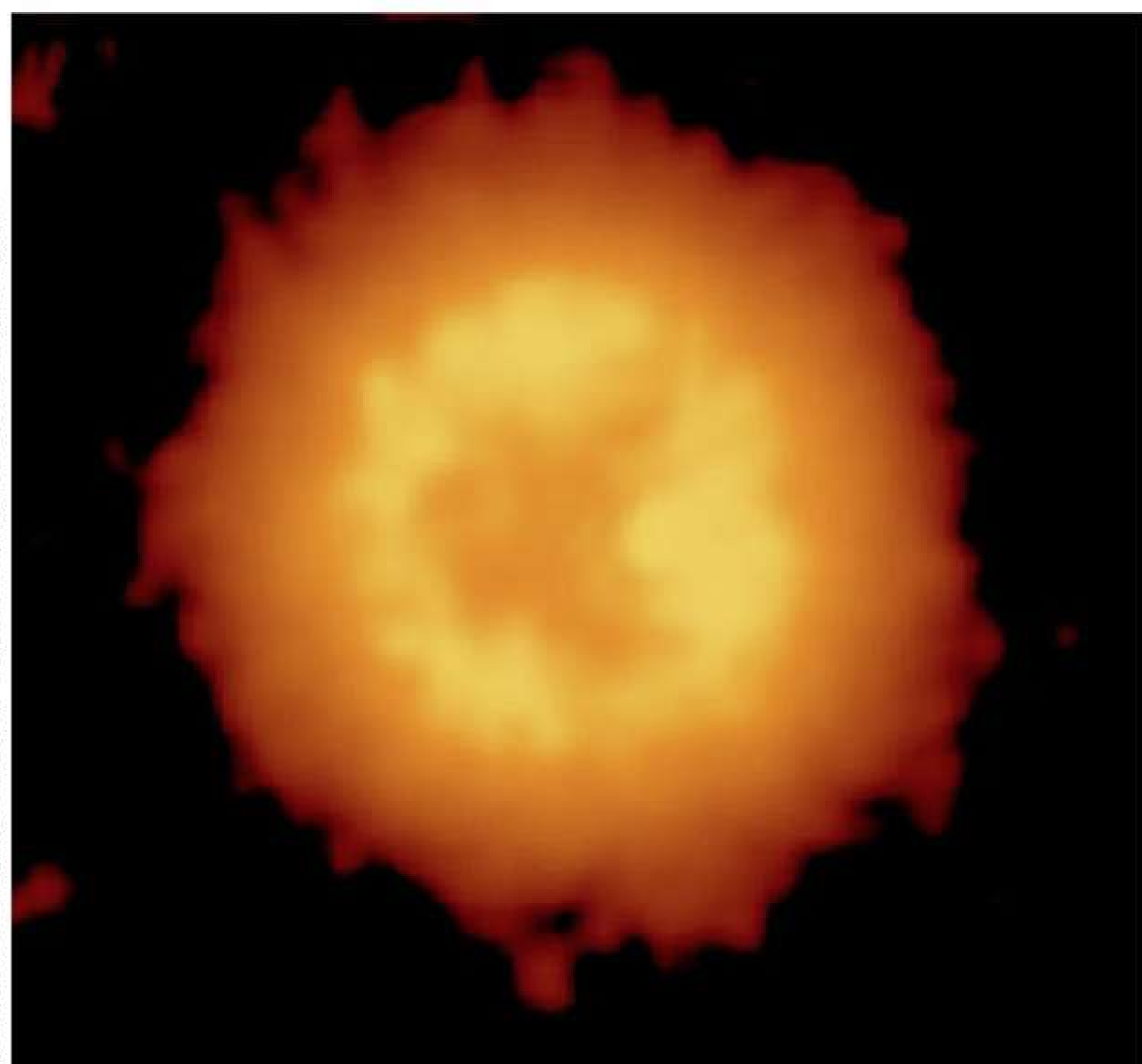
GLACIOLOGIE

LE TROU GÉANT DE LA BANQUISE ANTARCTIQUE EST ENFIN ÉLUCIDÉ

Chaque hiver, la mer de Weddell, en Antarctique, se couvre d'une couche de glace. Mais certaines années, un immense trou s'y forme, sans que l'on sache pourquoi. Pour comprendre la formation de ce "polynie", du mot russe signifiant "trou dans la glace", des scientifiques de l'école d'océanographie de l'université de Washington ont lâché des robots sur la banquise, et placé des capteurs sur des phoques afin de collecter des données océanographiques à la fois sur et sous la glace. Ils les ont ensuite analysées et ont pu, grâce aux images satellite, étudier l'évolution d'un trou, de la taille de la Belgique, formé en 2017. Résultat : cette polynie est née de la combinaison de plusieurs facteurs, à la fois climatiques et géographiques. *"Des vents et des tempêtes très violents dans la mer de Weddell provoquent, depuis plusieurs années, des courants de fond,* explique Ethan Campbell, l'un des océanographes. *Ces eaux profondes s'enroulent autour du mont sous-marin Maud Rise, qui se trouve dans cette zone et, tel un tourbillon, remontent à la surface. Plus salées et plus chaudes, elles font alors fondre la banquise."* Le réchauffement océanique et l'augmentation des tempêtes vont probablement continuer de renforcer et de déplacer, vers les pôles, les vents qui encerclent l'Antarctique. Laissant craindre que les polynies antarctiques deviennent de plus en plus fréquentes à l'avenir. **O.D.**



> La multiplication des tempêtes violentes provoque le déplacement de courants chauds qui font fondre la banquise.



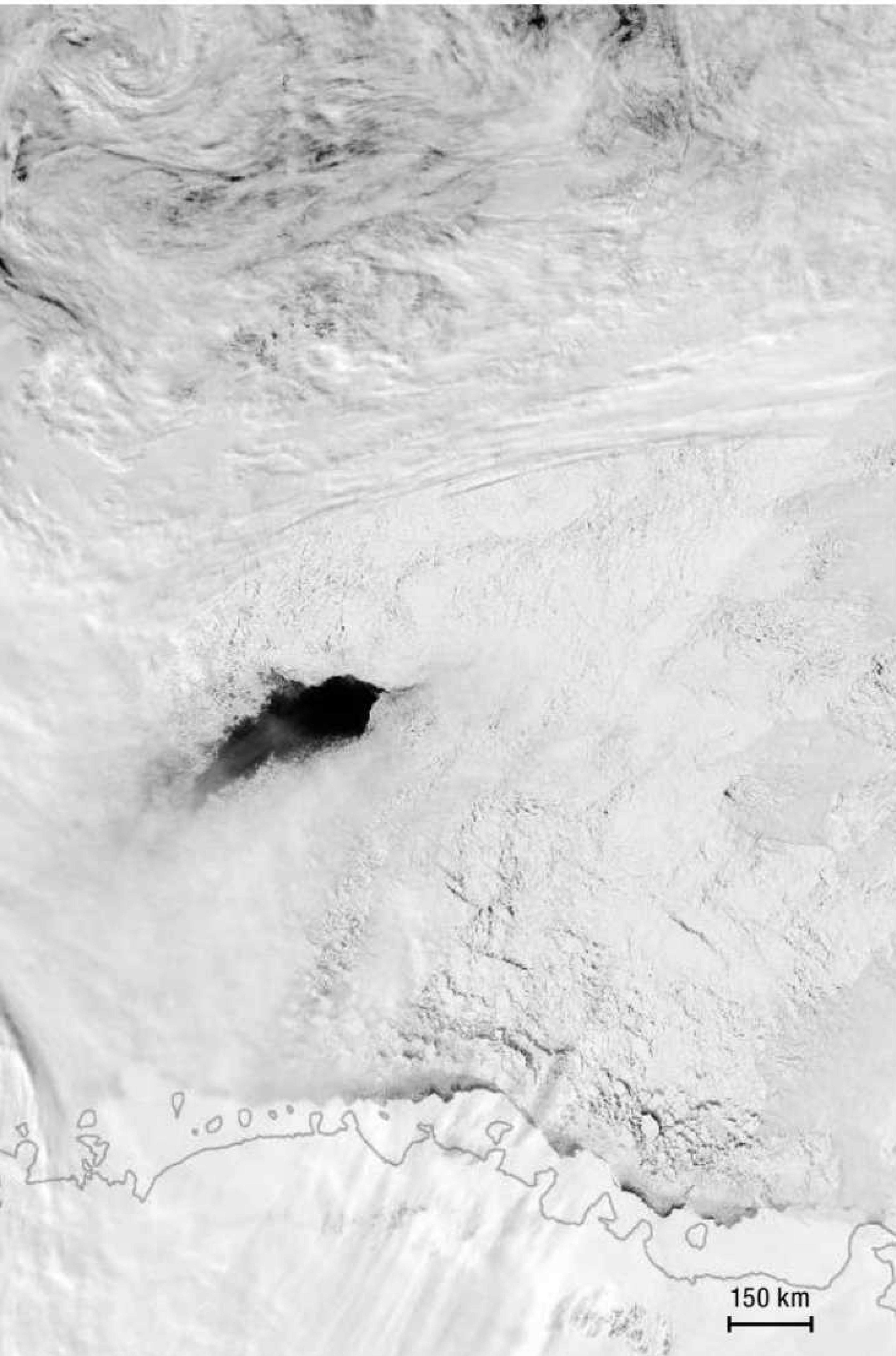
EARTH OBSERVATORY/NASA - V.GVARAMADSE/MOSCOW UNIVERSITY

< Née de la fusion de deux naines blanches, J005311 brille comme 40 000 soleils.

ASTROPHYSIQUE

EN SE PERCUTANT, DEUX ÉTOILES MORTES ONT DONNÉ VIE À UNE TROISIÈME

Elle a la composition d'une étoile en fin de vie, et pourtant elle brille comme 40 000 soleils ! Située à 10 000 années-lumière de nous, dans la constellation de Cassiopée, l'étoile J005311, observée par une équipe de l'université de Moscou, serait le résultat de la collision de deux étoiles mortes. C'est en tout cas l'hypothèse avancée par les astronomes russes pour expliquer ses caractéristiques exceptionnelles. Son spectre lumineux témoigne d'une activité nucléaire intense, à l'origine de vents stellaires de 16 000 km/s, 40 fois plus rapides que ceux de notre Soleil. Pourtant, on n'y



trouve pas trace d'hydrogène, le combustible des étoiles d'une masse comparable à celle du Soleil, mais beaucoup de carbone et d'oxygène. Ces atomes sont les déchets ultimes de ce type d'étoiles qui, en fin de vie, ont perdu trop de masse pour que leur gravité leur permette de fusionner des atomes aussi lourds. Elles deviennent ce que les astronomes appellent des naines blanches… et meurent. Qu'est-ce qui a donc donné à J005311 une masse suffisante pour expliquer sa vitalité? Pour les auteurs, elle pourrait justement être née de la fusion de deux naines blanches. *"Ce type de spectre n'avait encore jamais été observé,* précise Luc Dessart, de l'Observatoire de la Côte d'Azur. La collision de naines blanches est en effet rare: ces objets légers doivent être vraiment proches pour s'attirer et entrer en collision". **A.D.**

Ça reste à prouver...

LA REPRODUCTION SEXUÉE PROTÉGERAIT DU CANCER

Sur Terre, la très grande majorité des espèces animales pratiquent la reproduction sexuée et ce, alors que la reproduction asexuée est biologiquement beaucoup moins coûteuse et plus efficace. Pourquoi ce paradoxe? Parce que la première permet d'éviter l'accumulation de mutations délétères et favorise l'apparition d'individus génétiquement nouveaux capables de s'adapter aux changements, répondent en général les experts. Sauf que l'un d'entre eux vient d'émettre une nouvelle et très étonnante hypothèse: la reproduction sexuée permettrait… d'éviter la transmission du cancer d'un individu à l'autre! *"Si les cellules cancéreuses sont si difficiles à éliminer pour notre organisme, c'est parce que ce sont nos propres cellules: notre organisme ne les reconnaît pas comme 'non soi'. Alors, imaginez si nous étions tous identiques: notre corps aurait aussi du mal à identifier les cellules cancéreuses en provenance de nos voisins, ou de nos parents, puisqu'elles seraient aussi semblables aux nôtres"*, explique Frédéric Thomas, au CNRS. Pour étayer son hypothèse, ce biologiste de l'évolution avance l'exemple des rares cas de cancers développés *in utero* par des jumeaux monozygotes: si l'un d'eux a un cancer, celui-ci se transmet à son jumeau en raison de leur similarité génétique. Le développement des techniques de clonage modernes pourrait apporter des preuves supplémentaires. *"J'aimerais conduire des expériences dans lesquelles des souris génétiquement modifiées pour développer un cancer sont inséminées soit avec des embryons naturels, soit avec des embryons qui seraient les clones de leur mère. Si mon hypothèse est correcte, les mères devraient transmettre plus souvent leur cancer à leurs descendants quand ceux-ci sont leurs clones"*, détaille le chercheur. **C.Hancok**



< Cette empreinte de *Minisauripus* montre qu'il avait la peau couverte d'écailles de 0,5 mm de diamètre.

PALÉONTOLOGIE

VOICI LA PREMIÈRE EMPREINTE DE PEAU DE DINOSAURE JAMAIS DÉCOUVERTE

Regardez cette empreinte : elle a été découverte en 2018 en Corée du Sud. Et témoigne du passage, il y a près de 120 millions d'années, de *Minisauripus*, le plus petit dinosaure connu, sur une couche de boue humide. Elle est inédite : *"La peau a été imprimée sur toute la surface, on n'avait jamais vu ça"*, commente Martin Lockley, de l'université du Colorado, qui l'a analysée. De quoi en savoir plus sur ce dinosaure que l'on ne connaît que par les 5 empreintes que l'on en a retrouvé, dont *"4 sur la même piste, appartenant donc au même individu"*. Elles ont permis d'estimer la vitesse de ce petit bipède carnivore (cousin du tyrannosaure) à près de 9 km/h, et d'en déduire que le *Minisauripus* mesurait entre 10 et 40 cm pour quelques centaines de grammes. Surtout, l'imprimé de sa peau révèle qu'elle *"était couverte d'écailles d'environ 0,5 mm de diamètre, un peu comme celle des oiseaux actuels… "*, pointe Martin Lockley. Même s'il est encore impossible de savoir s'il avait des plumes. **T.C.-F.**

0,7 micron

C'est la taille de la liaison chimique la plus grande jamais observée, soit celle d'une petite bactérie ! Des physiciens allemands l'ont créée en emprisonnant des atomes de rubidium dans un réseau optique, avant de l'éclairer avec un laser. L'énergie dispensée a permis à des atomes voisins de se lier par paire et de s'échapper : une liaison dont la distance correspond à la diagonale du réseau (0,7 millième de millimètre). A.D.

en bref…

LE SAUVIGNON EST CULTIVÉ EN FRANCE DEPUIS 900 ANS
Des chercheurs ont séquencé le génome de 28 pépins de raisin issus de fouilles archéologiques. L'un d'eux, daté d'environ 1100, appartient à l'espèce sauvignon blanc, prouvant que cette vigne est cultivée sans discontinuer depuis le Moyen Âge. **A.-L.T.**

DU SEL DE TABLE SUR EUROPE
Les traces jaunes détectées à la surface de la lune de Jupiter sont des dépôts de chlorure de sodium (NaCl). L'océan qui se cache sous sa glace n'est donc peut-être pas si différent des nôtres ! **A.-L.T.**

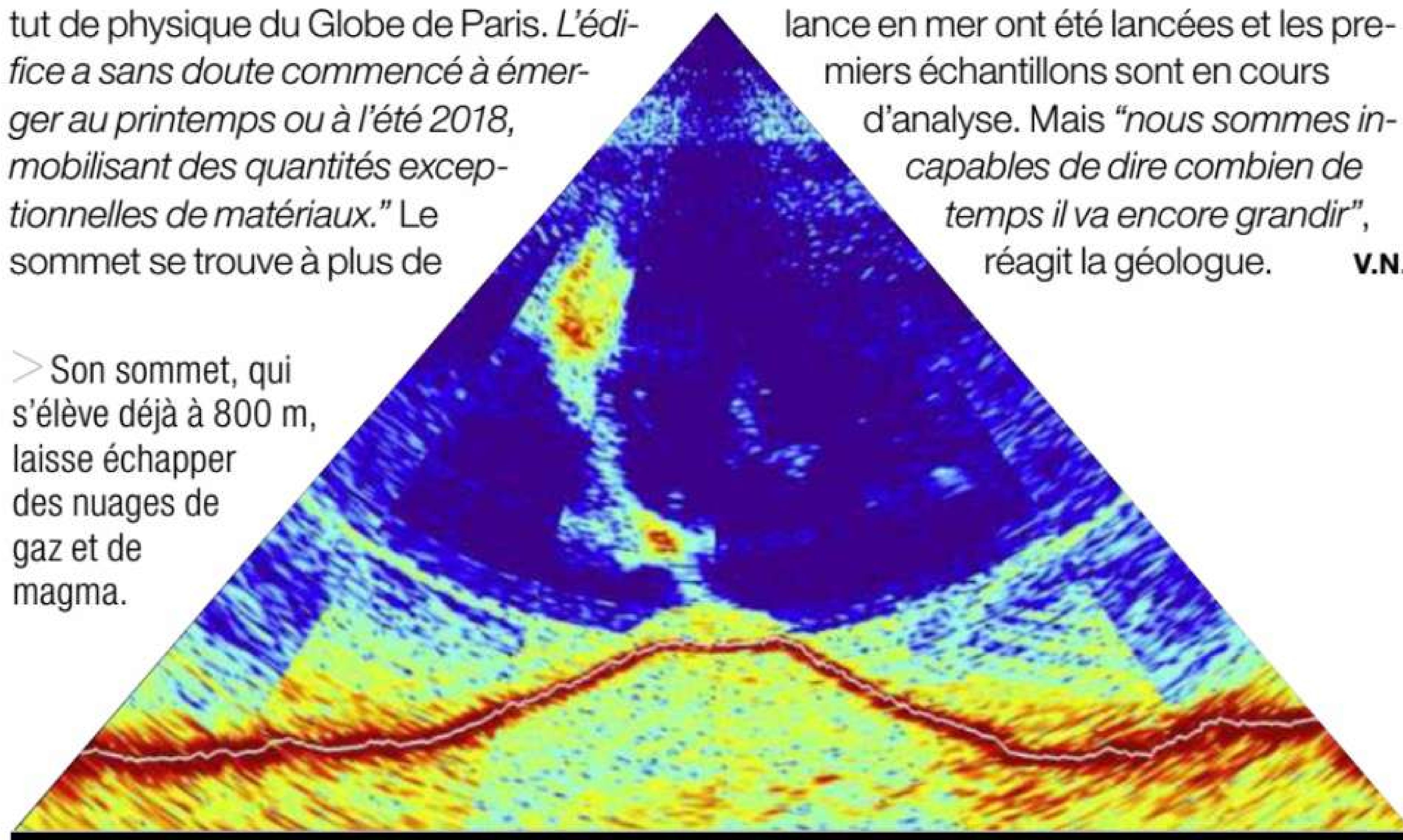
SAINT LOUIS EST MORT DU SCORBUT
On le croyait mort de la peste, mais une relique, une mâchoire conservée à Notre-Dame, a révélé des lésions compatibles avec le scorbut. Les carences alimentaires subies durant les croisades auraient eu raison d'un roi affaibli par les maladies. **A.-L.T.**

KIM ET AL - BRGM

GÉOLOGIE

UN VOLCAN SOUS-MARIN EST EN TRAIN DE NAÎTRE EN DIRECT

Ça ressemble à une échographie… sauf que ce bébé agité est un volcan sous-marin ! En formation au large de Mayotte, il affiche déjà plus de 800 m de hauteur pour au moins 4 km de largeur, expulsant de longs panaches de gaz et de magma. *"Assister à un tel événement en direct est une première,* confie Nathalie Feuillet, de l'Institut de physique du Globe de Paris. *L'édifice a sans doute commencé à émerger au printemps ou à l'été 2018, mobilisant des quantités exceptionnelles de matériaux."* Le sommet se trouve à plus de 2 000 m de profondeur. Sa naissance s'accompagne de séismes liés aux ruptures de la croûte terrestre et à la circulation du magma : plus de 1 800 d'une magnitude supérieure à 3,5 ont été recensés à Mayotte depuis mai 2018… et la population s'inquiète. Car l'île s'enfoncerait de près de 1 cm par mois. Des missions de surveillance en mer ont été lancées et les premiers échantillons sont en cours d'analyse. Mais *"nous sommes incapables de dire combien de temps il va encore grandir"*, réagit la géologue. **V.N.**



> Son sommet, qui s'élève déjà à 800 m, laisse échapper des nuages de gaz et de magma.

GÉNÉTIQUE

CHEZ LE VER, LA TRANSMISSION DE L'INNÉ EST CONTRÔLÉE PAR LES NEURONES

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, il est possible de bloquer une fonction innée. C'est ce qui a été démontré chez un ver à propos de sa faculté à chercher de la nourriture. En mutant les neurones d'un nématode, des chercheurs israéliens sont en effet parvenus à bloquer un de ses mécanismes de recherche de nourriture, appelé chimiotaxie. Cet héritage a alors été transmis sur plusieurs générations, montrant que les neurones jouent un rôle dans l'information transmise aux descendants, en agissant sur les cellules germinales (qui produisent des gamètes) grâce à des molécules messagères, l'ARN. Résultat : le ver mutant, dont le cerveau ne produit pas correctement les molécules d'ARN, ne se déplacera pas vers l'odeur de la nourriture. Et ses descendants non plus. Il faut ensuite jusqu'à trois générations pour que cette capacité réapparaisse. *"Nous ne savons pas si des mécanismes transgénérationnels analogues existent aussi chez les mammifères, mais j'espère que c'est le cas"*, relève Oded Rechavi, de l'université de Tel Aviv, qui a mené l'étude. Si ces mécanismes existent, leur contrôle permettrait de soigner un jour des maladies héréditaires en bloquant la transmission des gènes malades. **A.-L.T.**

EXOBIOLOGIE

UN AN ET DEMI DANS L'ESPACE… ET TOUJOURS VIVANTS !

Une sélection de micro-organismes, champignons, lichens… ont été exposés à l'extérieur de l'ISS pour un test de survie d'une durée inédite. Certains ont montré une étonnante aptitude à résister à ces conditions extrêmes.

PAR **JEAN-BAPTISTE VEYRIERAS**

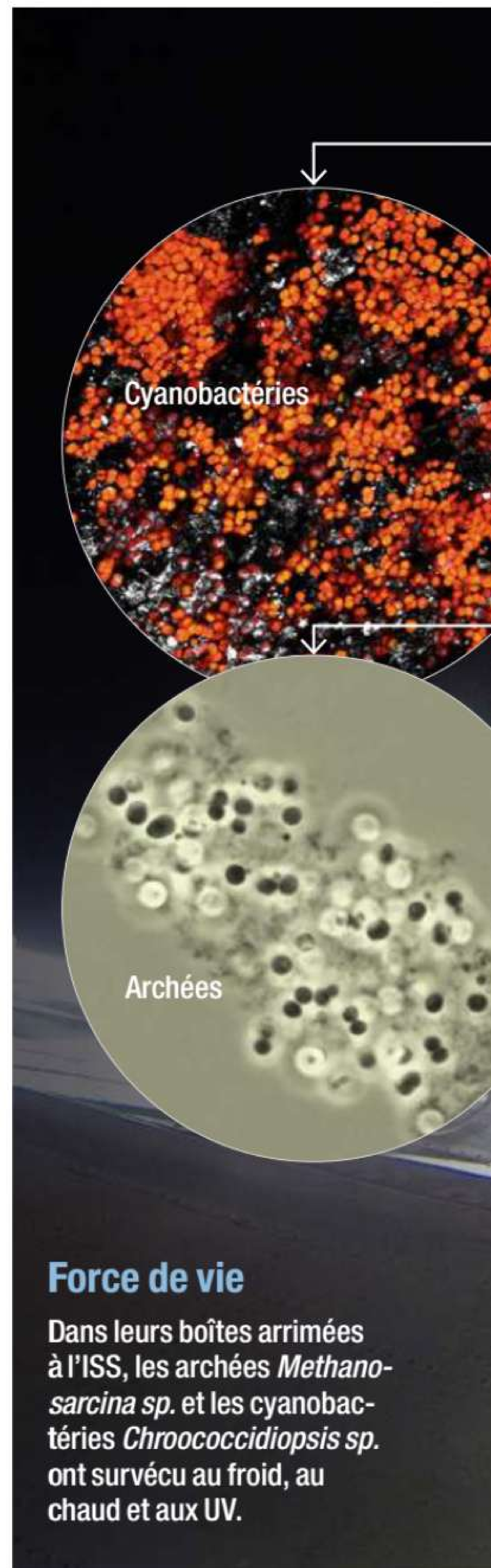
"La vie recèle d'incroyables capacités de survie et d'adaptation", lance, presque incrédule, la géobiologiste Frances Westall (Centre de biophysique moléculaire, CNRS, Orléans). C'est en effet ce que confirme la plus grande expérience de survie dans l'espace jamais menée, rassemblant des scientifiques du monde entier, et à laquelle la Française a participé : des bactéries et des archées (organismes unicellulaires) ont ainsi survécu à un séjour prolongé redoutable d'un an et demi en orbite autour de la Terre.

Plus exactement, ces micro-organismes, ainsi que des champignons, des lichens, des algues et des bryophytes – des plantes primitives – ont été livrés aux attaques physico-chimiques des rayonnements ultraviolets, ainsi qu'à des amplitudes de température allant de -25°C à +60°C, au sein de petites boîtes disposées à l'extérieur de la Station spatiale internationale (ISS) pendant 469 jours. Certaines de ces boîtes simulaient également les conditions atmosphériques et les propriétés minéralogiques de la surface de Mars.

SURVIVRE SUR MARS

Tous ces échantillons ont été ensuite rapportés sur Terre, à bord d'une capsule Soyouz. Si la presque totalité des lichens sont revenus endommagés et quasiment incapables de reprendre vie sur Terre, les micro-organismes, eux, se sont montrés nettement plus endurants, notamment lorsqu'ils étaient sous forme de spores.

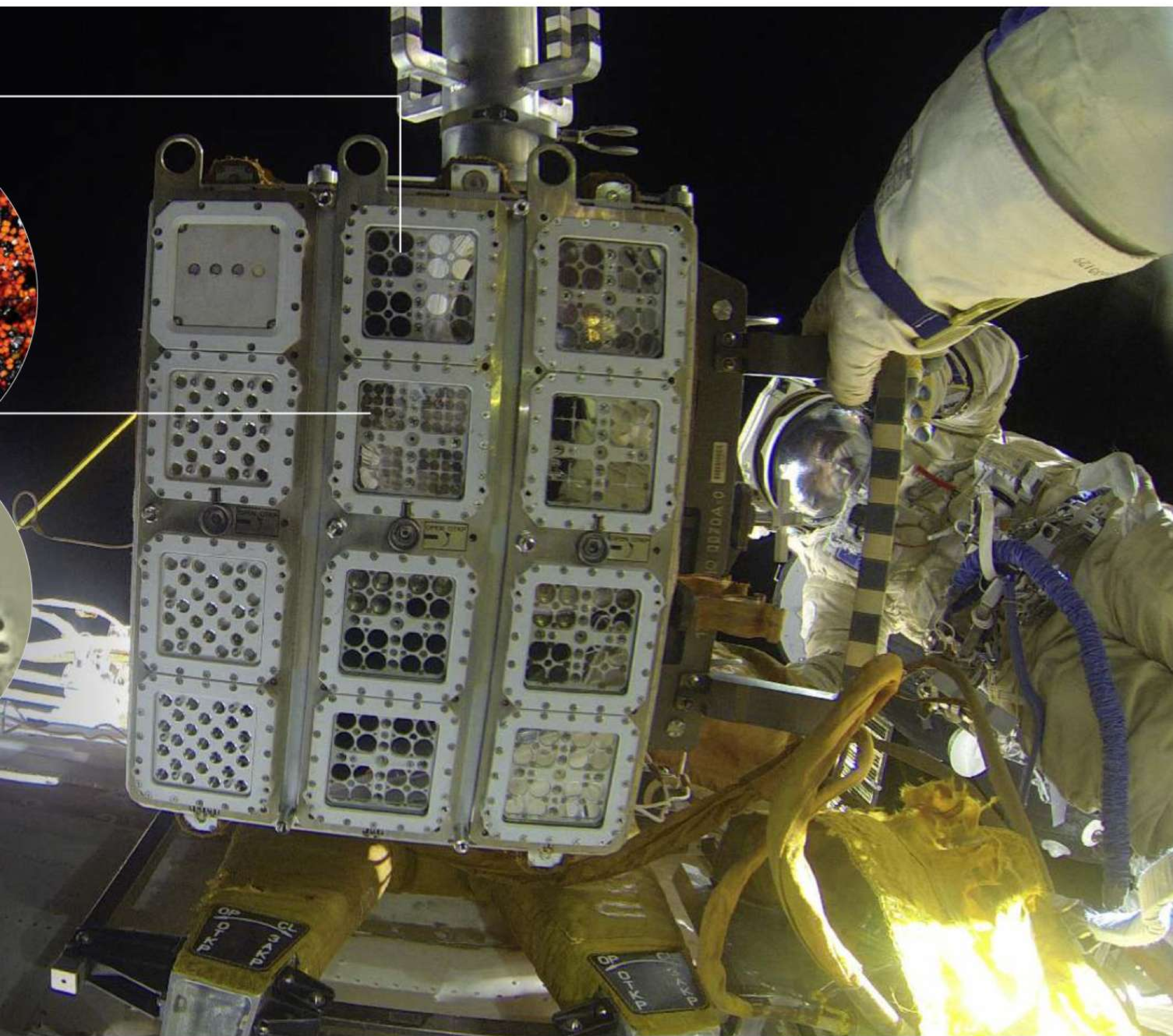
"Cela nous a permis de confirmer la résistance au vide spatial et aux conditions de vie martiennes de bactéries et d'archées présentes sur Terre depuis plus de 3 milliards d'années", se réjouit le principal architecte de ce projet hors norme, l'astrobiologiste Jean-Pierre Paul de Vera (Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique). Prélevées dans les régions les plus inhospitalières de la Terre, les archées *Methanosarcina sp.* ou les cyanobactéries *Chroococcidiopsis sp. "pourraient certainement survivre et se développer sous la surface de Mars, où les radiations ne dérangeraient par leurs cycles de vie, et où les moyens de trouver de l'eau liquide seraient plus*



Force de vie

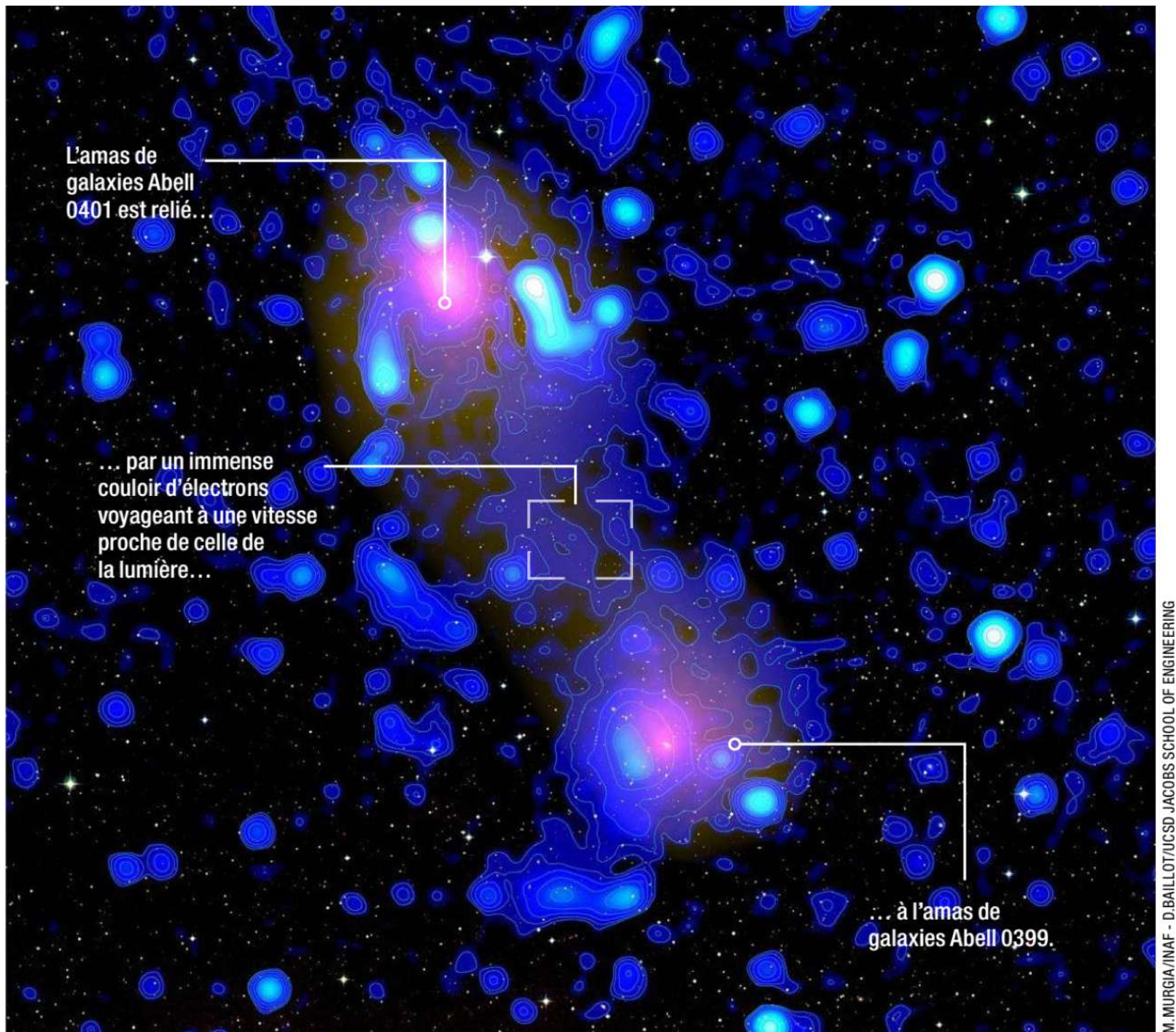
Dans leurs boîtes arrimées à l'ISS, les archées *Methanosarcina sp.* et les cyanobactéries *Chroococcidiopsis sp.* ont survécu au froid, au chaud et aux UV.

BIOMEX - PROF.WAGNER/GFZ POTSDAM - PROF.BILLI/UNIVERSITY YOR VERGATA



favorables", atteste le chercheur.

Deux mécanismes majeurs présideraient à leur force de vie hors du commun. D'une part, ces organismes s'autoréparent avec une remarquable efficacité suite à des dommages moléculaires induits par les rayonnements ultraviolets, ou face aux agressions de composés oxydants. D'autre part, sur le plan métabolique, ils peuvent relancer leur activité, même après un long sommeil forcé suite à une pénurie d'eau ou de nutriments. Si bien que *"la photosynthèse serait possible sur Mars"*, gage l'astrobiologiste. *Chroococcidiopsis sp.*, petite sœur des cyanobactéries qui ont oxygéné la Terre il y a plus de 2 milliards d'années, pourrait-elle ainsi "terraformer" Mars et transformer la Planète Rouge en un havre de vie ? *"Ces organismes ont une croissance très limitée dans des conditions aussi extrêmes, et cela aurait peu de chance de réussir"*, tempère le chercheur.



M.MURGIA/INAF - D.BAILLOT/UCSD JACOBS SCHOOL OF ENGINEERING

COSMOLOGIE

UN ÉTRANGE PONT RELIE DEUX AMAS GALACTIQUES

C'est un passage qui présage de la fusion de deux des plus grandes structures du Cosmos. Les amas Abell 0399 et Abell 0401, qui contiennent chacun des centaines de galaxies, sont en train de se rapprocher l'un de l'autre. Et bien qu'ils soient distants de 10 millions d'années-lumière, ils sont reliés par un gigantesque pont magnétique, que vient de découvrir l'équipe de Federica Govoni, de l'Institut national d'astrophysique italien. Comme le magnétisme est impossible à détecter à de telles distances, ce que les astronomes ont observé, grâce au réseau d'antennes européen Lofar, ce sont des ondes radio. Un rayonnement à 140 MHz issu d'électrons accélérés par un champ magnétique, à une vitesse proche de celle de la lumière ! L'existence du pont ne fait donc aucun doute. Et pourtant… *"Selon nos simulations, le gaz entre les amas devrait être légèrement compressé et chauffé par leur rapprochement, ce qui devrait certes faire apparaître un champ magnétique, mais 1 000 fois plus faible que celui qu'on observe"*, analyse la chercheuse. De quoi motiver la traque de phénomènes identiques entre d'autres amas galactiques. D'ici là, le mystère du pont magnétique restera entier. **B.R.**

PHYSIOLOGIE ANIMALE

LES DENTS DU POISSON DRAGON FORMENT UN PIÈGE INVISIBLE

Aristostomias scintillans est effrayant : sa mâchoire largement ouverte est semée de crocs acérés… et transparents ! Des chercheurs de l'université de Californie (San Diego) les ont analysés par microscopie électronique. Ils s'attendaient à trouver un matériau nouveau. Mais non. *"Leur composition est très similaire à celle de nos dents avec de l'émail et de la dentine,* indique Marc Meyers, principal auteur de cette découverte. *Mais l'hydroxylapatite et le collagène s'y trouvent sous la forme d'infimes cristaux d'environ 20 nm. La lumière traverse cette nanostructure et ne s'y réfléchit absolument pas, comme dans le verre."* Ses crocs sont donc invisibles. Ce qui en fait un redoutable piège. Dans les sombres profondeurs où il vit, le poisson dragon attire ses proies, tels des papillons de nuit, grâce à un petit barbillon photoluminescent suspendu à sa mâchoire inférieure. *"Les proies ne le voient pas ; il est tout noir derrière son photophore,* précise le chercheur. *Elles ne voient pas non plus ses dents translucides."* Le poisson dragon n'a alors plus qu'à refermer sa mâchoire. Diabolique ! **O.D.**

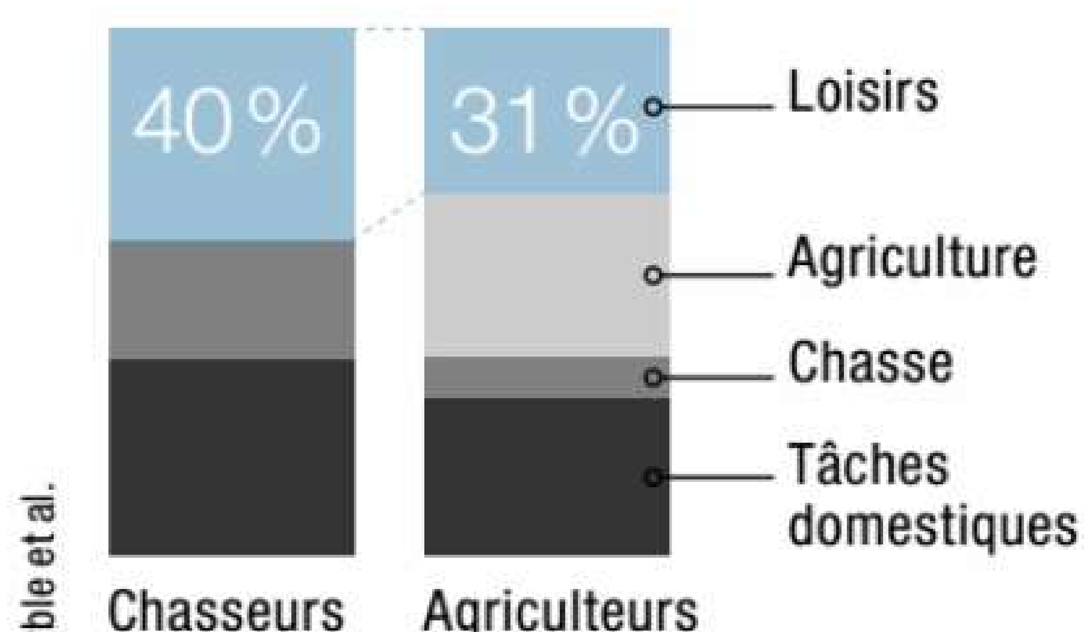


La lumière traverse la nanostructure de ses dents comme du verre, sans s'y réfléchir.

ETHNOLOGIE

PASSER À L'AGRICULTURE FAIT PERDRE PRÈS DE 10 H DE LOISIRS PAR SEMAINE

L'étude de ces deux communautés philippines actuelles confirme que le passage à l'agricultre a bien eu un coût pour l'humanité au cours de son histoire. **A.-L.T.**



Répartition des activités de deux communautés philippines

IMMUNOLOGIE

ON A COMPRIS POURQUOI L'ECZÉMA REVIENT TOUJOURS AU MÊME ENDROIT

Si les plaques d'eczéma provoquées par le contact de la peau avec un allergène (produit chimique, métal…) ont tendance à récidiver toujours aux mêmes endroits, c'est à cause de cellules immunitaires particulières : les lymphocytes T résidents mémoires (TRM). Voilà ce que viennent de découvrir Marc Vocanson et son équipe du Centre international de recherche en infectiologie de Lyon : *"Nos résultats ouvrent la voie au développement de traitements permettant de prévenir les récidives d'eczéma ; lesquelles sont souvent plus sévères."* Les chercheurs ont analysé des zones de peau affectées par un eczéma et guéries, chez des souris et des humains. Et ont observé que les lymphocytes TRM peuvent persister au niveau de ces lésions plusieurs semaines, voire plusieurs mois après la guérison, et réactiver les plaques d'eczéma en cas de réexposition à l'allergène. L'étude de la surface des TRM a aussi révélé qu'ils portaient des protéines capables de brider leur activité : des "récepteurs de rétrocontrôle". D'où l'idée de développer des molécules permettant de stimuler ces récepteurs, d'invalider les TRM et ainsi éviter les récidives. Des candidats médicaments pourraient être testés chez l'humain d'ici 3 à 5 ans. **K.B.**



△ Ici, le doigt surnuméraire agit comme un pouce (pince) tout en étant aussi précis qu'un index.

DR

NEUROSCIENCES

AVOIR UN SIXIÈME DOIGT PEUT BEAUCOUP AMÉLIORER LA MOTRICITÉ

C'est un challenge que de lacer ses chaussures avec une seule main. Sauf pour cette mère et son fils de 17 ans, suivis par l'équipe d'Etienne Burdet (Imperial College de Londres) : leurs mains ont 6 doigts fonctionnels. Une mutation qui concerne 1 naissance sur 500 dans le monde. *"Leur doigt surnuméraire se situe entre le pouce et l'index,* explique Etienne Burdet. *Une polydactylie, dite préfixale, qui augmente leurs capacités de manipulation."* Car ce doigt agit comme un second pouce, formant une pince avec tous les autres, tout en étant aussi habile et précis qu'un index ! En étudiant l'activité cérébrale de ces deux personnes, les chercheurs ont constaté qu'elles bougeaient leur 6e doigt de façon totalement indépendante grâce à une aire dédiée du cortex. Le cerveau peut donc s'accommoder d'une telle différence et n'importe quel système nerveux pourrait contrôler un membre additionnel pour gagner de nouvelles capacités. *"Reste à voir si un individu 'normal' maîtriserait facilement une prothèse à six doigts par exemple"*. **A.-L.T.**

100 nm

C'est la largeur du plus petit pixel. Sa surface est 1 million de fois moindre que celle d'un pixel de smartphone. Une équipe de l'université de Cambridge l'a créé à partir de nanoparticules d'or enveloppées dans un polymère et déposées sur une surface conductrice et réfléchissante (en or aussi). Contrairement aux pixels actuels, il change de couleur selon le courant appliqué: une piste pour des panneaux publicitaires HD! A.D.

RCS Evry B 964 201 149.

QUAND JE SERAI GRANDE,
JE SERAI CAPITAINE
DE L'EQUIPE DE FRANCE

INTERSPORT ENCOURAGE LES FILLES À PRATIQUER LE FOOTBALL.
RENDEZ-VOUS DANS NOS MAGASINS ET SUR INTERSPORT.FR
POUR DÉCOUVRIR NOS PRODUITS DÉDIÉS AU FOOTBALL FÉMININ.

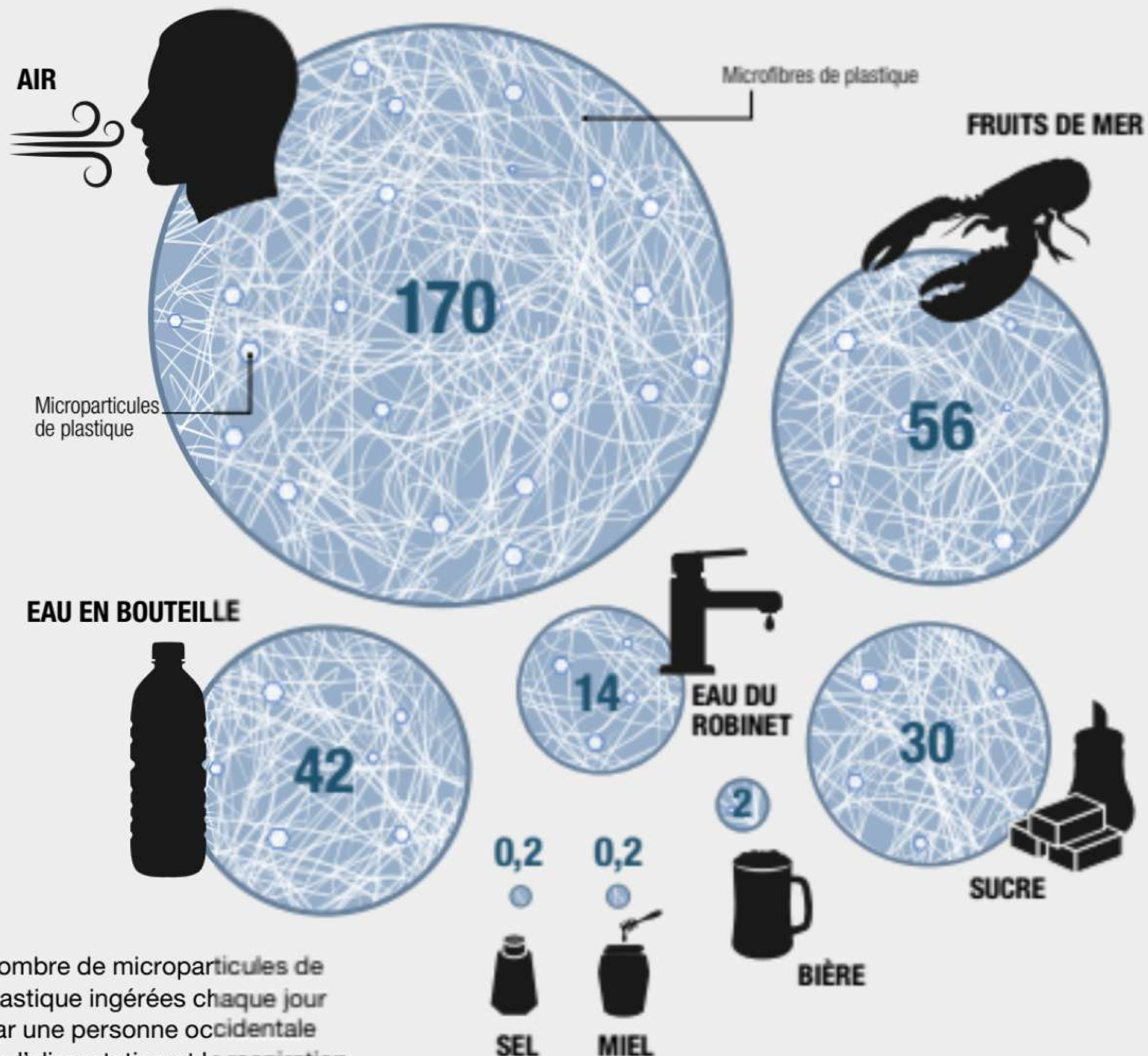
INTERSPORT®
Le sport, la plus belle des rencontres

ENVIRONNEMENT

NOUS INGÉRONS AU MINIMUM 300 MICROPLASTIQUES PAR JOUR

Dans l'air, l'eau et la nourriture, le plastique est omniprésent, montre la première synthèse des recherches réalisées à l'échelle mondiale — qui n'incluent pas encore la viande, les céréales ni les légumes. Reste à savoir si ces microparticules ont réellement des effets nocifs lorsqu'elles transitent dans notre système digestif.

PAR **FIORENZA GRACCI**



Nombre de microparticules de plastique ingérées chaque jour par une personne occidentale via l'alimentation et la respiration

Source : Environmental Science & Technology, 2019

B. BOURGEOIS

CITROËN

ON N'A PAS INVENTÉ LA FAMILLE, MAIS LA VOITURE QUI VA AVEC.



NOUVEAU CITROËN BERLINGO

PAR LE CRÉATEUR DU LUDOSPACE



19 aides à la conduite*
2 longueurs M et XL en 5 & 7 places*
3 sièges arrière individuels et escamotables*
Jusqu'à 1 050 l de volume de coffre*
4 technologies de connectivité*

REPRISE

+ 3 500 €(1)





CITROËN préfère TOTAL (1) 3 500 € TTC pour l'achat d'un Nouveau Citroën Berlingo neuf hors finition Live, composés d'une remise sur le tarif Citroën conseillé au 01/07/19 et d'une aide reprise Citroën de 2 000 €, sous condition de reprise et ajoutés à la valeur de reprise de votre ancien véhicule. Cette valeur est calculée en fonction du cours de l'Argus®, selon les conditions générales de l'Argus® disponibles sur largus.fr, déduction faite d'un abattement de 15 % pour frais et charges professionnels et des éventuels frais de remise en état standard. Offre réservée aux particuliers, non cumulable, valable jusqu'au 31/08/19 dans le réseau Citroën participant. *De série, en option ou non disponible selon les versions.

CONSOMMATIONS MIXTES ET ÉMISSIONS DE CO_2 DE NOUVEAU CITROËN BERLINGO : DE 4,2 À 5,5 L/100 KM ET DE 110 À 125 G/KM.

Automobiles CITROËN : RCS Paris 642 050 199





SHUTTERSTOCK - M.KONTENTE

L'ÉLECTROMÉNAGER EN CHIFFRES

70 %

C'est, en moyenne, ce que consomment en moins les réfrigérateurs les plus performants (classés A+++) par rapport à ceux classés A+. Soit 87 tW/h à l'échelle européenne. D'où l'importance de bonnes mesures.

165 Mtep

C'est, en mégatonnes équivalent pétrole, l'économie d'énergie visée avant 2020 grâce aux règles d'étiquetage énergétique européennes (selon la Commission européenne). L'équivalent de la consommation annuelle d'énergie primaire de l'Italie.

20

C'est le nombre moyen d'appareils électroménagers des ménages français. Soit 7 gros appareils (lave-linge, réfrigérateur) et 13 petits (cafetière, grille-pain…). Il se vend 57 millions de ces appareils chaque année en France.

Télé, frigo, aspirateur... Vous pensiez pouvoir vous fier à leurs étiquettes? Pas du tout! Après les voitures diesel, les ONG pointent l'électroménager: des protocoles opaques, voire des logiciels truqueurs permettraient aux fabricants de décrocher labels NF ou CE en sous-estimant leur consommation. Un système qui dissimule des milliards de kilowatts. Plongée dans le maquis des bancs d'essai.

PAR **YVES SCIAMA**

Après le dieselgate, le "frigogate" ?

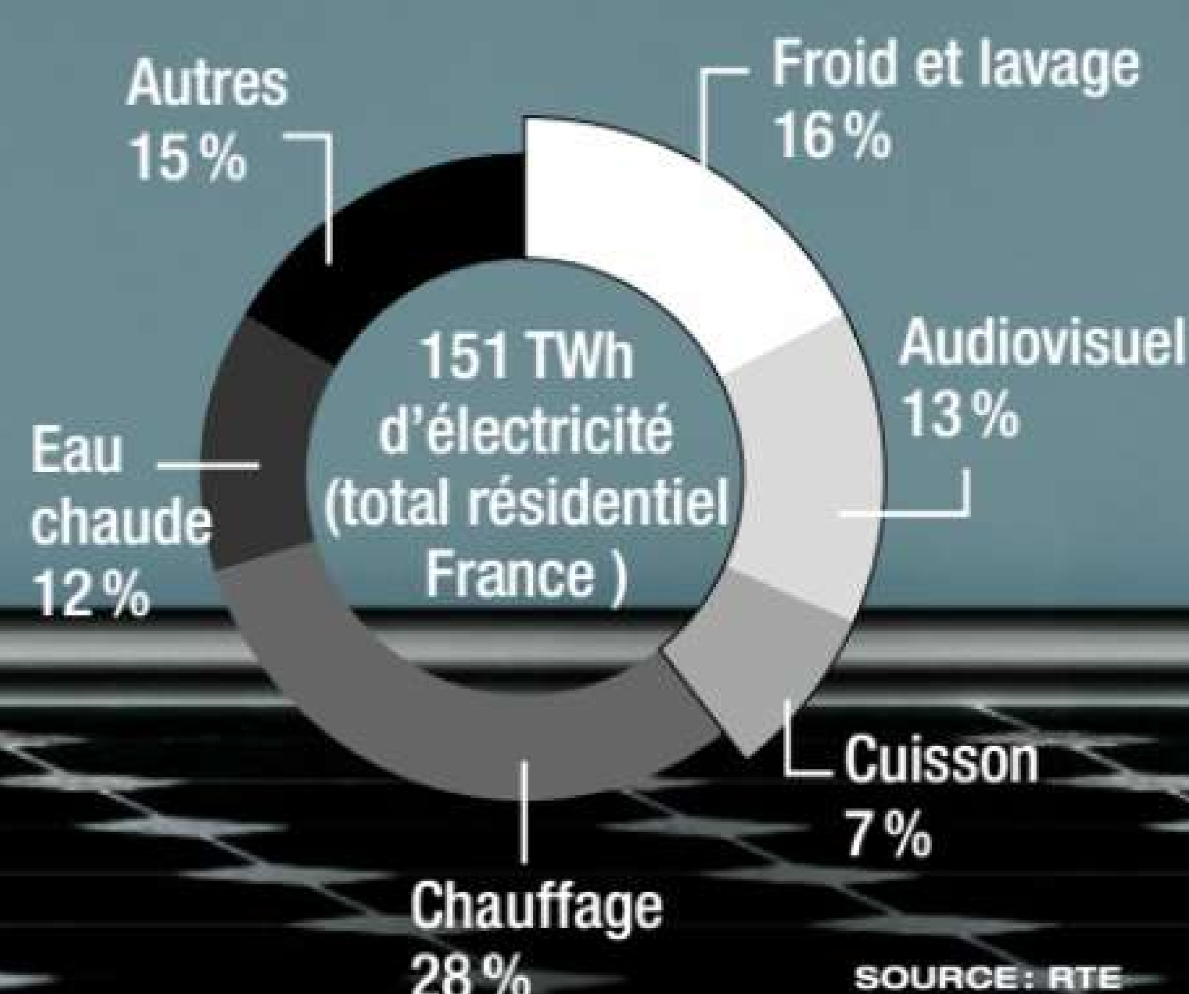


2021

Une nouvelle étiquette énergie

La Commission européenne vient de lancer le chantier d'une nouvelle étiquette énergie modernisée qui entrera en vigueur en mars 2021.

L'ÉLECTROMÉNAGER REPRÉSENTE 36 % DE LA CONSOMMATION DOMESTIQUE DES FRANÇAIS



SOURCE: RTE

Des tests minutieux, mais qui n'ont rien à voir avec un usage réel

Le système de validation associe industriels, testeurs et autorités. Si les tests sont effectués par des entreprises spécialisées ou des bureaux d'études selon des normes très rigoureuses, celles-ci sont trop souvent favorables aux fabricants et éloignées des conditions de vie réelles.

Le 8 novembre 2018, après trois ans de procédure, le tribunal de l'Union européenne a tout bonnement annulé l'étiquetage énergétique pour les aspirateurs à l'échelle du continent. Motif? Les tests de performance effectués n'étaient pas assez proches de la réalité. Le public apprit ainsi, à l'occasion de ce jugement inédit, que le protocole de test appliqué aux aspirateurs stipulait que le sac à poussière devait être vide au moment de l'essai, minimisant ainsi considérablement leur consommation énergétique par rapport à leur utilisation dans la vie réelle.

Un détail? Pas du tout! Les tests, qui déterminent la qualité du fonctionnement et le poids énergétique et environnemental de centaines de millions d'appareils électroménagers européens, ainsi que les normes et les labels qui leur sont associés, constituent un univers totalement inconnu du public. Il est pourtant le théâtre de batailles invisibles dont les enjeux se chiffrent en milliards d'euros! Pour obtenir les marques CE ou NF, ou seulement un bon classement sur l'étiquette énergie, précieux sésames pour accéder aux marchés européen ou français, les appareils passent sur des bancs d'essai et subissent des tests définis avec un détail admirable.

CHEVAUX DE TROIE

Un aspirateur devra ainsi être testé sur des catégories de moquettes parfaitement identifiées, le long de fentes de parquet précisément décrites, avec des poussières au diamètre savamment déterminé. De même, un lave-vaisselle doit être capable d'éliminer des salissures composées d'un mélange bien spécifique (viande, lait…). Autant de modalités définies par des comités regroupant principalement… les industriels du secteur. Or, certaines de ces règles sont de véritables chevaux de Troie, permettant d'induire les acheteurs, ou les pouvoirs publics, en erreur.

Fait édifiant: la plainte ayant conduit à l'invalidation de l'étiquette énergie n'a pas été déposée par des consommateurs, mais par Dyson, un fabricant d'aspirateurs, nécessairement au fait du maquis de normes et de tests auxquels les produits sont soumis. Or Dyson, qui vend des aspirateurs sans sac, a estimé que le système lui était défavorable. Mais sans cet affrontement entre fabricants, le problème n'aurait sans doute jamais émergé, tant normes et tests, dominés par les industriels, baignent dans l'opacité.

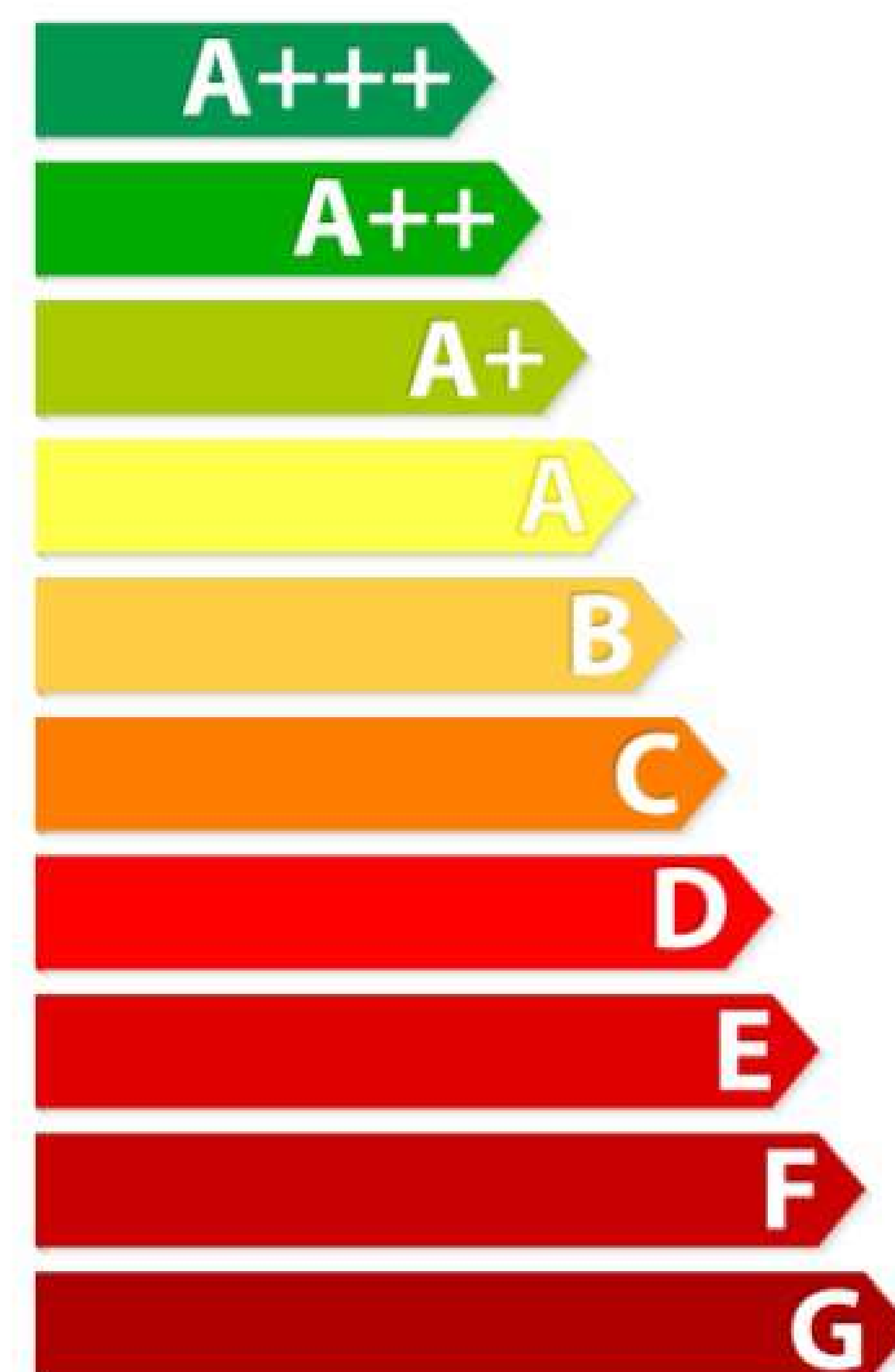
"Depuis la révélation des logiciels truqueurs qui équipaient les véhicules de Volkswagen et les forts soupçons pesant sur l'ensemble des industriels de l'automobile, on n'en finit pas de découvrir de nouveaux produits dont les performances réelles n'ont

L. MISTRULLI/ROPI-REA - C. AVRAAMIDES

Dieselgate, la plus grande fraude de l'histoire de l'automobile

Révélée en septembre 2015 par l'Agence de l'environnement américaine (EPA), la fraude aux émissions polluantes de Volkswagen, souvent appelée "dieselgate", a coûté plus de 30 milliards de dollars au groupe, et divers procès en cours pourraient venir alourdir cette note. Son mécanisme était le suivant: un "dispositif d'invalidation" (autrement dit, un logiciel truqueur) détectait si le véhicule était en conditions de test: sachant que celui-ci, effectué sur un banc d'essai avec un volant qui reste immobile, implique une succession connue d'allures imposées. Le logiciel déclenchait alors un mode peu émetteur en oxyde d'azote… obtenu en détériorant notamment la consommation de carburant et l'accélération du véhicule. La fraude avait initialement été décelée par l'International Council on Clean Transportation (ICCT), une ONG qui avait fait analyser les émissions de 15 véhicules de différents fabricants par un laboratoire universitaire californien, et alerté l'EPA sur les résultats. Des soupçons pèsent depuis sur d'autres constructeurs, notamment Renault, épinglé par un rapport paru au mois de mai 2019.





Des étiquettes énergie trop rares

Ce type d'étiquetage ne concerne encore que 16 catégories de produits (chauffe-eau, climatiseur, four, lave-vaisselle, chaudière…), mais omet de très nombreux appareils énergivores (téléphonie, informatique).

rien à voir avec les chiffres affichés et déclarés, déplore le professeur Theodoros Zacchariadis, membre du comité scientifique de l'Agence environnementale européenne (AEE). *Et cela impacte la consommation énergétique et la préservation écologique de l'ensemble du continent!"*

Dans le cas du "dieselgate", qui a impliqué l'un des plus grands constructeurs automobiles mondiaux, à savoir donc Volkswagen, il s'agit de la mise en évidence d'un trucage délibéré et illégal, qui a coûté des milliards de dollars de pénalités à la compagnie. Dans notre affaire d'aspirateurs, en revanche, les règles ont été formellement respectées… sauf qu'elles reposent sur une hypocrisie. En effet, le système de validation associant industriels de l'électroménager, testeurs et autorités s'accommode –au prétexte de la complexité– d'afficher des résultats très éloignés de la réalité. Les tests censés évaluer les performances de ces appareils comportent en effet de très nombreuses failles, qui rendent possibles l'exagération mais aussi le mensonge manifeste.

UN PROTOCOLE NI TROP CHER NI TROP COMPLEXE…

Prenons par exemple les lave-vaisselle. *"Au motif qu'il ne faudrait pas trop alourdir la procédure de test, leur note énergétique résulte d'un essai portant sur un seul programme de lavage, celui qui est le plus favorable au fabricant, généralement qualifié de 'mode éco'"*, explique Chloé Fayolle, de l'association de défense des consommateurs ECOS. Le problème, c'est qu'il existe souvent une quarantaine de programmes de lavage possibles sur les appareils modernes, si l'on combine les différentes options (séchage rapide, demi-charge…). Et le "mode éco", qui dure beaucoup plus longtemps que les autres, n'est utilisé que par 20 % des consommateurs environ! Pis: une grande étude des tests réalisée par quatre ONG bruxelloises, l'étude STEP, a démontré qu'un appareil dont le "mode éco" est très performant peut→



THEODOROS **ZACCHARIADIS**

Comité scientifique de l'Agence environnementale européenne (AEE)

Depuis la révélation des logiciels truqueurs sur les Volkswagen, on n'en finit pas de découvrir de nouveaux produits dont les performances réelles n'ont rien à voir avec les chiffres affichés

très bien avoir un "cycle rapide" beaucoup plus consommateur que celui de ses concurrents.

Autre exemple: les tests qui mesurent les performances des réfrigérateurs ont jusqu'à très récemment été effectués avec des appareils remplis de charges types, dont la porte reste fermée, dans des pièces à la température maintenue à 25 °C. Une procédure qui, à l'évidence, va donner de bien meilleurs résultats sur le banc d'essai que dans la vie réelle, où le réfrigérateur reçoit régulièrement des produits à température ambiante, et que l'on ouvre des dizaines de fois par jour… L'UFC-Que Choisir, qui a rectifié ces procédures pour se rapprocher, dans ses tests, de nos conditions d'utilisation quotidiennes (aliments ajoutés, ouverture de portes fréquentes), a mesuré une consommation en moyenne 47 % plus élevée que celle affichée sur les appareils!

L'évolution technologique peut parfois expliquer l'écart constaté entre les performances obtenues aux tests et les performances réelles. Ainsi la consommation électrique des téléviseurs est-elle testée à l'aide d'une vidéo avec une résolution standard, la même pour tous les bureaux d'étude européens, qui comporte des séquences lumineuses, des séquences sombres, des ralentis… bref, une palette de situations diverses censées reproduire le comportement "moyen" d'une télévision. Or, l'apparition relativement récente de nouvelles technologies telles que la ultra-haute définition (HDR), qui permet d'obtenir des images plus lumineuses et contrastées, entraîne une hausse de la consommation électrique pouvant s'élever à 130 % sur certains modèles… sans pour autant être prise en compte! Car elle n'existait tout simplement pas au moment de la définition du protocole d'essai.

DES TRICHERIES OUVERTES

Autre problème, quasi universel: si les industriels communiquent sur les performances et l'efficacité de leurs appareils, mesurés on l'a vu dans la configuration la plus économique, ils se gardent bien de mentionner les surplus de consommation induits par les programmes et les fonctionnalités supplémentaires proposés. Nombre de consommateurs ne réalisent pas que les options telles que "lavage rapide" ou bien "séchage renforcé" sur les lave-vaisselle entraînent une surconsommation de 30 à 50 % (données de l'étude STEP).

"*On ne peut pas tout mettre sur le dos des fabricants parce que concevoir les tests pour évaluer les produits est un vrai défi,* relève Stéphane Arditi, du Bureau européen de l'environnement (EEB). *Un bon test doit être reproductible dans le temps et l'espace, d'un bout à l'autre du continent, avec des appareils très variés; il ne doit pas être trop cher ni trop complexe, et doit être représentatif d'un comportement moyen d'usager, alors que les utilisateurs sont très différents les uns des autres.*" Ainsi, tel usager va-t-il rarement utiliser son four, mais plutôt à haute température, quand tel autre l'utilisera plus souvent en variant davantage les températures de cuisson. Or, il faut malgré tout trouver comment évaluer ce four!

"*Le problème c'est que depuis vingt ou trente ans, on s'est beaucoup plus concentrés sur la reproductibilité et la comparabilité des tests que sur leur représentativité,* analyse Stéphane Arditi. *Ce qui fait qu'ils sont de plus en plus éloignés de la réalité et qu'il est désormais urgent de les rendre plus représentatifs!*"

Mais les choses vont parfois bien au-delà de simples lacunes de procédure ou de règles mal conçues ou déjà datées: à l'instar du dieselgate, certains industriels versent dans la tricherie ouverte, ou même la fraude – que l'on appelle pudiquement, dans la novlangue bruxelloise, le "contournement". "*Le contournement, c'est quand l'appareil comprend d'une manière ou d'une autre qu'il est sur un banc d'essai et modifie son comportement en conséquence,* explique Chloé Fayolle. *C'est quelque chose qui, à l'ère de l'électronique, devient à la fois de plus en plus facile à mettre en place et difficile à détecter, car cela*

4 techniques qui permettent de falsifier les performances

Le coup du logiciel truqué dans la télé

Il n'est pas facile d'établir la présence de logiciels permettant de détecter si l'appareil est sur un banc d'essai. En 2017, Samsung ou LG ont été accusés de telles pratiques, mais sans aller jusqu'au procès: leurs téléviseurs reconnaissaient la vidéo du test et réduisaient leur luminosité pour améliorer leur score.



STÉPHANE **ARDITI**
Bureau européen de l'environnement (BEE)

On ne peut pas tout mettre sur le dos des fabricants: concevoir les tests pour évaluer ces produits est un vrai défi

SHUTTERSTOCK - DR





Le coup du lave-vaisselle testé en “mode éco”

Lorsqu’un appareil possède plusieurs modes (éco, standard, rapide, haute température…), les tests de performance ne portent que sur un seul, et bien sûr le plus avantageux pour le fabricant.



Le coup du frigo qui reste fermé

Les consommations énergétiques des réfrigérateurs sont testées sur des périodes de 24 heures durant lesquelles l’appareil n’est jamais ouvert, dans une enceinte dont la température est maintenue à 25 °C. Or, dans un usage normal, où on ouvre son frigo pour y déposer des produits à température ambiante plusieurs dizaines de fois par jour, l’énergie consommée augmente en moyenne de 47 %.



Le coup du sac d’aspirateur toujours vide

La consommation des aspirateurs est évaluée avec un sac vide, ce qui minore les chiffres : une situation rare dans la vie quotidienne. Les fabricants plaident qu’on ne peut pas multiplier les essais avec tous les niveaux de remplissage, mais à 50 % ce serait déjà plus fiable.

suppose de rentrer dans les codes de programmation.”

Certains fabricants de téléviseurs, comme Samsung, LG et Vizio, ont été accusés de ce genre de pratique suite à des tests menés en 2017 par une ONG écologiste américaine, le NRDC, sans que cela aille jusqu’au procès. Les appareils consommaient beaucoup moins lors des tests réalisés avec le clip type utilisé par les autorités (constitué de séquences plus courtes qu’un programme classique) qu’en usage normal. Selon l’association, le téléviseur était capable de reconnaître la vidéo du test, et de réduire alors sa luminosité, et donc sa consommation, afin d’améliorer son score.

DE DIFFICILES POURSUITES JUDICIAIRES

“Il y a de multiples façons de tricher, explique Stéphane Arditi. *Vous pouvez installer par défaut un programme peu consommateur, avec une résolution standard, et c’est celui qui sera testé par le bureau d’étude. Puis, dans les réglages, vous proposez au consommateur d’opter, s’il le souhaite, pour une meilleure image… ce qui provoque, dès qu’il a cliqué, la mise en route d’un mode haute résolution !”*

Autre contournement : les mises à jour. *“De plus en plus d’appareils sont désormais connectés,* constate Chloé Fayolle. *Il suffit dès lors que la première mise à jour téléchargée mette en place un mode de fonctionnement plus consommateur pour que le test soit contourné. Nous avons observé que la consommation de certaines télévisions, augmentait de 37 % après la première mise à jour.”*

Les poursuites judiciaires à l’encontre de ces pratiques sont très difficiles à mener. Soulevé à l’origine par une ONG, suite à des tests réalisés sur quinze véhicules, le scandale du dieselgate n’a éclaté aux États-Unis que lorsque l’Agence de l’environnement américaine s’est emparée de l’affaire. Car les tests de l’ONG n’avaient aucune valeur juridique : pris tout seul, un appareil peut

toujours être défectueux ou non-représentatif d'une série. Il fallait les moyens du gouvernement américain pour déclencher de larges enquêtes.

Il existe cependant de nombreuses pistes de réflexion pour améliorer les choses. La première serait de compléter et faire valider les tests du banc d'essai par des tests dans la vie réelle, par exemple chez un panel d'usagers. *"Pour les émissions de CO_2 des voitures, par exemple, on sait qu'elles sont directement proportionnelles à la consommation de carburant. Il serait assez facile de mettre un petit boîtier sur les véhicules qui indiquerait à la fin de l'année combien vous avez parcouru de kilomètres, combien vous avez fait de pleins et donc consommé de carburant. Et vous connaîtriez ainsi les vraies émissions de CO_2 et la consommation de votre véhicule"*, indique Theodoros Zacchariadis.

On pourrait, de la même manière, installer sur un réfrigérateur ou un lave-vaisselle un boîtier qui indiquerait chaque année le nombre de kilowatts/heure consommés, ainsi que le nombre de cycles de lavage effectués. Connecté, il pourrait également transmettre facilement ces données aux autorités de contrôle, par exemple.

"Ce type de système donnerait plus de pouvoir aux consommateurs, qui s'émanciperaient enfin des données issues des fabricants – car, pour l'instant, il y a une évidente dissymétrie d'information en leur défaveur", souligne Theodoros Zaccharadis. *Mais on pourrait aussi l'intégrer au système des normes. Si on équipe un panel d'usagers représentatifs de ce type de dispositif, cela permet de moyenner leurs écarts de comportement. Au final, on peut alors savoir si les résultats du banc d'essai sont fantaisistes ou s'ils ont une certaine réalité. Et retravailler les tests dans le premier cas."* Hélas pour l'instant, les autorités de surveillance des marchés ne se sont pas emparées de cette idée.

UN IMPÉRATIF ÉNERGÉTIQUE ET ÉCOLOGIQUE

Autre piste de réflexion : intégrer davantage de contre-pouvoirs dans le système d'établissement des normes. Les organismes qui conçoivent les tests sont en effet privés, et les comités techniques dans lesquels les normes et les tests sont conçus emploient des ingénieurs détachés par les fabricants. Renforcer la présence et les droits des représentants des consommateurs ou des ONG de défense de l'environnement dans ces comités rééquilibrerait le rapport des forces en faveur de l'intérêt général. Évidemment, cela aurait un coût certain, car quelqu'un devrait payer les salaires de ces dizaines, voire centaines d'experts au service du public.

En tout cas, une chose est essentielle aux yeux des défenseurs des consommateurs : ce n'est pas parce que les tests sont trop souvent imparfaits et non-représentatifs qu'il faut supprimer les normes et les labels. Car ces derniers restent des outils extrêmement puissants. Bien appliqués (et à condition que les manquements soient sanctionnés, ce qui est encore trop rare), ils génèrent sous l'effet de la concurrence des progrès rapides chez les industriels (l'efficacité énergétique se serait ainsi améliorée de 30 % pour les appareils concernés par l'étiquette énergie).

Et il y a de l'espoir sur certains fronts. La Commission européenne, qui prend conscience du problème, a annoncé en mars 2019 une modernisation de tout le dispositif d'étiquetage énergétique pour le rapprocher de la réalité et en augmenter l'exigence. *"Du coup, beaucoup de choses vont discrètement se jouer dans les deux années à venir,* avertit Stéphane Arditi. *Selon les décisions qui vont être prises, soit on fera un pas vers la transition énergétique et écologique que tout le monde réclame, soit on manquera une occasion historique de sortir des problèmes actuels."* Et le système sera conforté dans sa permissivité et son hypocrisie. ▮

Normes, étiquette énergie : qui fait quoi ?

Les modalités de test pour vérifier la conformité des produits avec les exigences réglementaires sont établies par les organismes de normalisation comme le CEN/CENELEC (pour l'Europe), ou l'AFNOR pour la France – au sein de commissions dans lesquelles sont surtout présents les représentants (souvent des ingénieurs) des industriels du secteur. Les organismes de normalisation sont des entreprises privées qui font payer l'utilisation de la norme à leurs clients, les fabricants. L'étiquette énergie, en revanche, est un outil législatif obligatoire – mais la définition de ses modalités de test est également confiée aux organismes de normalisation. En France, c'est la DGCCRF qui est chargée de veiller à ce que les produits respectent l'étiquette énergie et se conforment aux obligations des normes qu'ils affichent.

LA SCIENCE & DONNE UNE SECONDE & VIE AU PAPIER.

EN TRIANT VOS JOURNAUX, MAGAZINES, CARNETS, ENVELOPPES, PROSPECTUS ET TOUS VOS AUTRES PAPIERS, VOUS AGISSEZ POUR UN MONDE PLUS DURABLE. DONNONS ENSEMBLE UNE NOUVELLE VIE À NOS PRODUITS.
CONSIGNESDETRI.FR

CITEO
Le nouveau nom d'Eco-Emballages et Ecofolio

La mauvaise alimentation est un péril mondial

1

France

Concernée malgré ses bons résultats

Dans notre pays, le taux de mortalité lié à l'alimentation est l'un des plus faibles au monde, juste derrière celui d'Israël. En 2017, la malnutrition y aurait fait 75 000 morts. En cause, des repas qui manquent de céréales complètes, de graines et de fruits à coque, et qui sont trop chargés en sel. La faible mortalité ici s'explique en partie par le bon accès aux soins.

2

Ouzbékistan

Un triste record

C'est le pays où la mortalité liée à l'alimentation est la plus forte. Certes, autant de personnes qu'en France en sont décédées en 2017, mais l'Ouzbékistan a une population deux fois moins nombreuse et beaucoup plus jeune. À âge égal, la mortalité liée à l'alimentation y serait en réalité 10 fois supérieure à celle estimée en France !

3

Japon

Les bienfaits des oméga-3

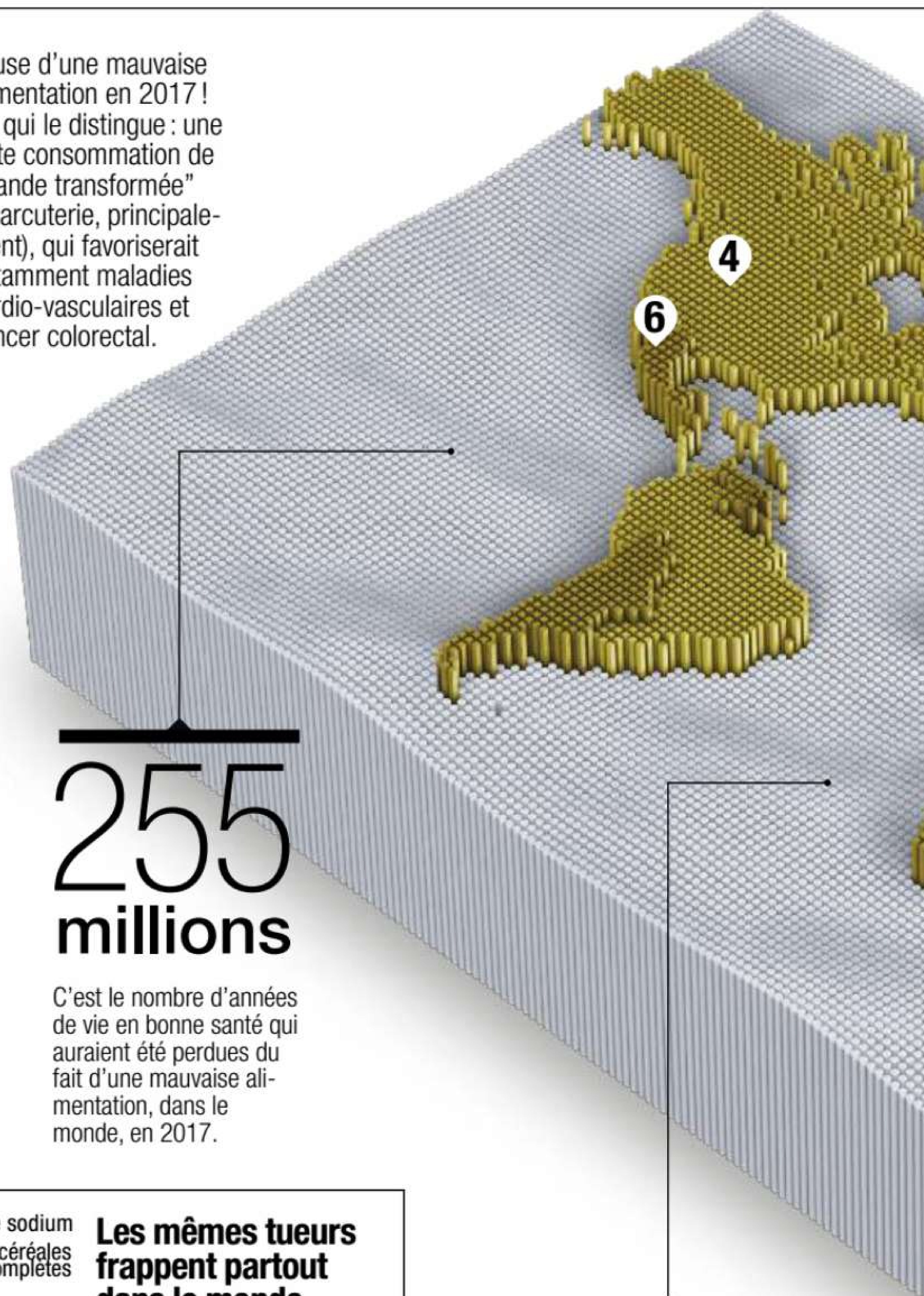
4e meilleur derrière l'Espagne. La population bénéficie d'un apport important en oméga-3 (de bonnes graisses notamment présentes dans les poissons gras), mais pâtit d'un manque de calcium.

4

États-Unis

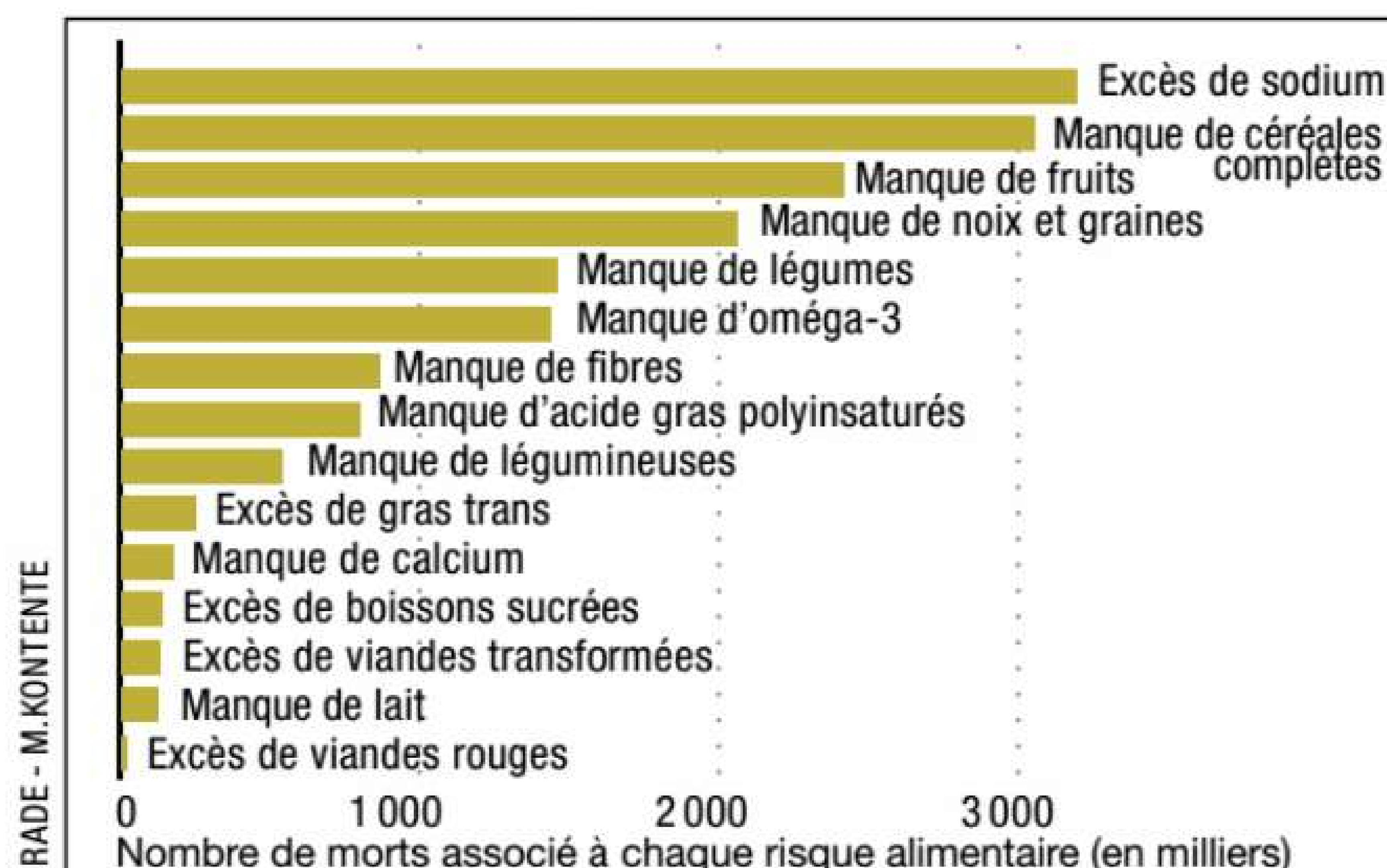
Trop de charcuterie

Malgré sa richesse, le pays n'est que 43e. Plus de 500 000 personnes y seraient mortes à cause d'une mauvaise alimentation en 2017 ! Ce qui le distingue : une forte consommation de "viande transformée" (charcuterie, principalement), qui favoriserait notamment maladies cardio-vasculaires et cancer colorectal.



255 millions

C'est le nombre d'années de vie en bonne santé qui auraient été perdues du fait d'une mauvaise alimentation, dans le monde, en 2017.



G.CIRADE - M.KONTENTE

Les mêmes tueurs frappent partout dans le monde

Si certains pays se démarquent par quelques habitudes alimentaires plus néfastes qu'ailleurs, dans la quasi-totalité ce sont les deux mêmes tueurs qui arrivent en tête dans l'assiette : l'excès de sel et le manque de céréales complètes.

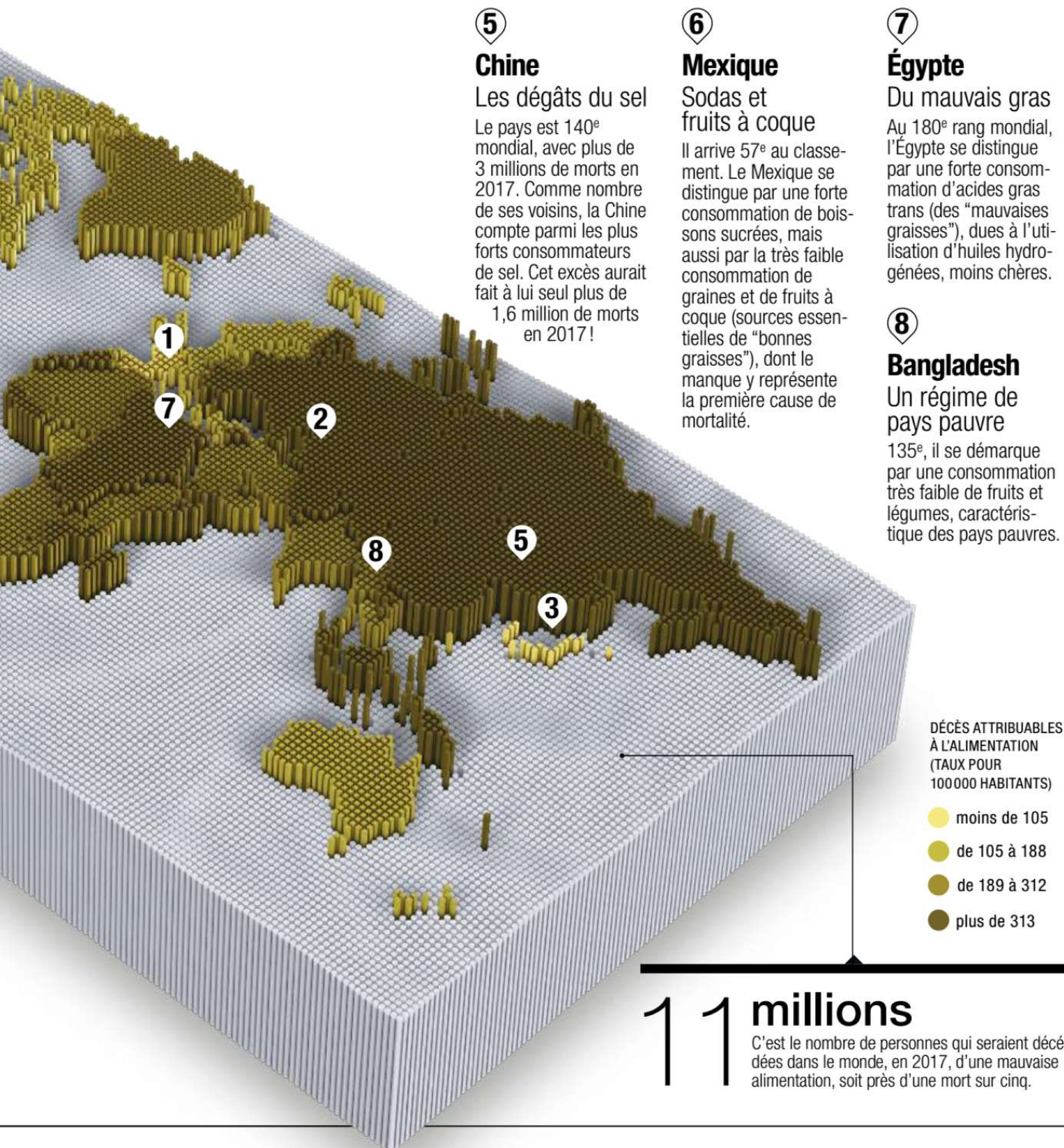
SOURCE : *THE LANCET*, 2019

89 %

des décès liés à l'alimentation, en 2017, étaient dus à des maladies cardio-vasculaires. Venaient ensuite cancer et diabète.

La malnutrition tue partout, mais pas avec la même intensité : ses effets peuvent varier d'un facteur 10 entre pays, d'après de récentes estimations. En cause : des habitudes alimentaires différentes, selon les populations, mais surtout un accès inégal à une nourriture variée ainsi qu'aux soins.

PAR **ELSA ABDOUN**



5 Chine

Les dégâts du sel

Le pays est 140e mondial, avec plus de 3 millions de morts en 2017. Comme nombre de ses voisins, la Chine compte parmi les plus forts consommateurs de sel. Cet excès aurait fait à lui seul plus de 1,6 million de morts en 2017 !

6 Mexique

Sodas et fruits à coque

Il arrive 57e au classement. Le Mexique se distingue par une forte consommation de boissons sucrées, mais aussi par la très faible consommation de graines et de fruits à coque (sources essentielles de "bonnes graisses"), dont le manque y représente la première cause de mortalité.

7 Égypte

Du mauvais gras

Au 180e rang mondial, l'Égypte se distingue par une forte consommation d'acides gras trans (des "mauvaises graisses"), dues à l'utilisation d'huiles hydrogénées, moins chères.

8 Bangladesh

Un régime de pays pauvre

135e, il se démarque par une consommation très faible de fruits et légumes, caractéristique des pays pauvres.

11 millions

C'est le nombre de personnes qui seraient décédées dans le monde, en 2017, d'une mauvaise alimentation, soit près d'une mort sur cinq.

Santé, bien-être : l'épigénétique à toutes les sauces ?

"Reprenez le contrôle de vos gènes", *"Comment l'épigénétique va changer votre vie"*… Depuis quelques mois, les ouvrages grand public fleurissent en librairie, nous expliquant qu'il faut en finir avec le fatalisme génétique. Non seulement nous ne serions pas le seul produit de nos gènes mais, en plus, nous aurions le pouvoir d'en prendre le contrôle en modifiant leur expression pour prévenir, ou même combattre, cancers, désordres métaboliques et maladies neurodégénératives.

En résumé, nous pourrions devenir maîtres de notre destin cellulaire. Comment ? En changeant nos modes de vie, notre environnement, notre état d'esprit, notre alimentation. Après le régime anticancer, voici donc venu le "régime épigénétique". Simple coup marketing ou vraie révolution ?

Il est vrai que depuis une quinzaine d'années, l'épigénétique, cette nouvelle branche de la biologie, bouscule tout ce que nous pensions savoir de l'ADN. Après le décryptage du génome humain en 2003, il a bien fallu se rendre à l'évidence : tout n'est pas écrit dans la séquence de ce fameux ADN ; d'autres éléments contribuent à façonner les individus, leur apparence physique, leur personnalité. Ces éléments, qualifiés d'"épigénétiques" (du grec *epi*, "au-dessus de") sont de plusieurs natures : ce sont des marques chimiques ajoutées à l'ADN ou aux protéines – les histones – autour desquelles il s'enroule. Ou encore ce sont des molécules, les ARN non-codants, dont la séquence se loge dans une partie de l'ADN longtemps qualifiée d' "ADN poubelle".



SHUTTERSTOCK - ILLUSTRATION Y.DIRAISON

EMPREINTE RÉVERSIBLE

Dynamiques, ces éléments modifient l'expression des gènes ; le dépôt d'un groupement méthyle (CH3) sur l'ADN, par exemple, entraîne sa compaction et empêche l'expression du gène situé à cet endroit. Son retrait entraîne l'effet inverse. *"L'épigénome, c'est ce qui permet de dire 'à tel endroit ça s'exprime, à tel autre ça s'éteint' ; cela permet de changer l'articulation des chapitres sans changer le livre"*, évoque Antonin Morillon, spécialiste d'épigénétique à l'Institut Curie.

Or cette empreinte épigénétique, l'épigénome, n'est pas figée. Les marques apposées sur notre ADN sont réversibles et, surtout – c'est là que réside tout l'intérêt de l'épigénétique et la source de tous les fantasmes –, elles sont sensibles à l'environnement. Qu'il soit intérieur (les signaux cellulaires, les hormones, le microbiote intestinal, etc.) ou extérieur (la nourriture que nous ingérons, les polluants que nous respirons, etc.) ! Voilà qui expliquerait pourquoi, avec le temps, de vrais jumeaux, porteurs de la même séquence ADN, ne se ressemblent plus autant ou pourquoi l'un est en parfaite santé quand l'autre développe un cancer.

Que nous ne soyons pas seulement le produit de nos gènes, l'idée n'est pas nouvelle. *"Il n'y a aucun doute que notre environnement, nos activités et donc nos choix de vie modifient l'expression de nos gènes"*, énonce sans équivoque Pierre-Antoine Defossez, directeur de recherches au centre Épigénétique et destin cellulaire, à Paris.

Pourrait-on influer sur notre génome et donc orienter notre destin en contrôlant notre alimentation, notre environnement, notre psychisme ? C'est l'espoir que font naître les découvertes sur les mécanismes de l'épigénétique. Mais de là à prétendre fournir des recettes qui marchent…

PAR **MARIE-CATHERINE MÉRAT**



Ce qui est plus nouveau, en revanche, c'est que l'on commence à entrevoir les mécanismes moléculaires de ces interactions. Dès lors, serait-il possible d'orienter notre physiologie, de maîtriser notre santé, voire de choisir notre destinée, en contrôlant finement notre environnement, notre alimentation, notre psychisme, comme le proposent certains guides pratiques parus récemment ?

Le concept est séduisant, mais sans doute un peu simpliste. *"Le fait de comprendre ne veut pas forcément dire que l'on sait comment agir sur ces mécanismes moléculaires"*, tempère le spécialiste. Alors, que sait-on au juste ? L'épigénome semble particulièrement malléable dans la période qui entoure la naissance. Ainsi, des traumatismes vécus dans la petite enfance entraînent des modifications durables de l'épigénome, comme l'ont suggéré des travaux réalisés chez la souris par Isabelle Mansuy et son équipe à l'université de Zurich. De même, des stress variés subis *in utero* impriment des marques durables sur l'ADN. *"L'alcool, des infections, des fièvres, une malnutrition, le stress psychologique maternel perturbent l'épigénome du fœtus"*, énumère Valérie Mezger, du centre Épigénétique et destin cellulaire.

En surveillant leur alimentation, en évitant toute source de stress intense pendant leur grossesse, les mères semblent donc avoir un certain contrôle, du moins une influence, sur les gènes de leur enfant. *"Mais attention, il ne s'agit pas de les culpabiliser et de leur faire porter un poids insurmontable,* prévient la généticienne. *S'il y a des choses à faire, c'est au niveau sociétal, en les protégeant pour qu'elles aient une grossesse sécurisée et confortable."*

Et à l'âge adulte, pouvons-nous également influencer nos gènes ? Ça, c'est une autre histoire. Car si en théorie toutes les marques épigénétiques sont réversibles – des facteurs spécifiques permettent de les "effacer" en laboratoire – dans les faits, certaines semblent bel et bien verrouillées avec le temps. Ainsi, en 2008, une étude menée par Bastiaan Heijmans, de l'université de Leyde, aux Pays-Bas, a révélé que des enfants dont la mère avait été exposée à une famine pendant sa grossesse (à l'hiver 1944-45 aux Pays-Bas) avaient, à l'âge adulte, un risque plus élevé de devenir obèses, de développer des troubles métaboliques, un diabète… De nouveaux travaux réalisés en 2018 ont révélé que des marques épigénétiques, vraisemblablement déposées sur leur ADN pendant leur vie fœtale, avaient modifié durablement l'expres-

sion de certains de leurs gènes impliqués dans le métabolisme des glucides et des lipides. Soixante-dix ans plus tard, ces hommes et femmes gardent donc l'empreinte de cette famine subie dans le ventre de leur mère. Auraient-ils pu lever ces verrous épigénétiques en privilégiant un mode de vie sain, en contrôlant finement leur alimentation? Impossible à dire, aucune étude de ce type n'ayant été menée à ce jour.

Sans compter que génome et épigénome sont sans doute étroitement intriqués. Si l'épigénome influence le génome, l'inverse est aussi vrai. *"À génome différent, même légèrement, on a du tout ou rien dans les symptômes,* commente Ariane Giacobino, à l'université de Genève. *À exposition égale à des polluants, certaines personnes paient sans doute plus le prix que les autres."* Un raisonnement qui vaut pour tout type d'interaction avec l'environnement, qu'elle soit délétère ou favorable. Un même régime nutritionnel, une même psychothérapie, un même mode de vie n'auront sans doute pas les mêmes effets sur vous et moi. Des variations individuelles que les scientifiques ont encore du mal à comprendre.

Et quand bien même nous aurions le pouvoir de moduler à loisir notre épigénome, encore faudrait-il savoir comment faire! Certes, nous pouvons décider de manger chaque jour des noix du Brésil, du curcuma ou des choux de Bruxelles pour "optimiser notre capital méthyl" et ainsi favoriser l'expression ou l'inactivation de certains gènes. Les crucifères contiennent notamment des nutriments capables d'agir comme inhibiteurs de la méthylation, ils pourraient donc réactiver l'expression de gènes suppresseurs de tumeurs et prévenir ainsi l'apparition de cancers. Mais si, à côté, nous respirons (bien malgré nous) un air chargé de polluants et que nous sommes soumis à un stress quotidien, quelle en sera la conséquence sur l'expression des gènes? Impossible de le savoir. *"On est sans doute soumis à une sorte de yoyo permanent avec, sur un même gène, des choses qui activent son expression et d'autres qui l'inhibent"*, avance Ariane Giacobino. *"Un être humain est la résultante d'énormément de facteurs à la fois environnementaux, génétiques, psychiques…"* rappelle quant à elle Valérie Mezger. Une complexité que les scientifiques ont encore bien du mal à appréhender.

La famille soumise à un fatalisme épigénétique?

La vie de nos aïeux laisse-t-elle une empreinte épigénétique d'une génération à l'autre? Ce qui paraît clair, c'est que l'exposition du fœtus à un stress, comme des perturbateurs endocriniens auxquels serait soumise la mère, peut imprimer des marques épigénétiques sur son ADN. Mais au-delà d'une transmission sur deux générations, les recherches ne sont pas concluantes. *"En même temps, si tout était figé, l'épigénétique perdrait totalement de son intérêt, qui est de nous permettre de nous adapter rapidement à notre environnement"*, remarque Didier Vieau, professeur de physiologie à l'université Lille 1.

Et puis, même si nous rêvons de nous affranchir de nos gènes en contrôlant leur expression, cela semble difficile sinon impossible dans certains cas de maladie génétique. Choisir ses aliments avec soin ou s'adonner tous les jours à la méditation procurent sans nul doute de nombreux bienfaits, mais ce n'est pas suffisant. *"Certaines mutations ont des effets 100 % pénétrants. On n'échappe pas complètement à son déterminisme génétique"*, observe Valérie Mezger.

QUELLE DOSE?

"Le curcuma, c'est très bien, ça va réactiver certains gènes clés, mais ça va aussi en activer d'autres… Que sait-on des doses de curcuma qu'il faudrait avaler pour que ça marche? Que sait-on du contexte d'exposition à cette substance? Est-ce que les effets sont les mêmes pour un homme ou une femme? On n'en sait rien!" Et la généticienne d'ajouter: *"À l'âge adulte, il y a une malléabilité, c'est sûr. Maintenant, quelle est son étendue, quel pourcentage de cellules répondent dans un tissu… On n'a pas les réponses."*

Alors, oui, l'environnement, au même titre que la génétique, façonne les individus. Oui, il a une influence sur l'expression des gènes en modifiant notre épigénome. Et oui, il est assurément préférable d'adopter un mode de vie sain pour espérer optimiser sa santé. Mais nul besoin d'avoir recours à une science encore trop exploratoire pour justifier le bien-fondé des recommandations actuelles (manger varié et équilibré, bouger, ne pas trop boire, éviter de fumer…). Avec ou sans épigénétique, on s'en serait douté. ▮

Télomères et longévité

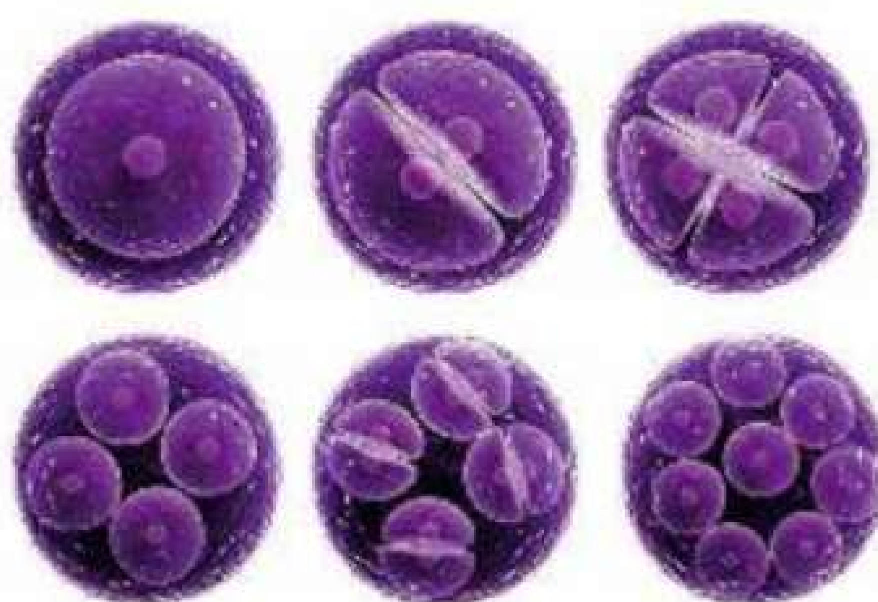
En 2009, trois chercheurs américains se sont vu décerner le Prix Nobel de Médecine pour leurs travaux exceptionnels en biologie et génétique, qui ont permis la compréhension des mécanismes de protection de l'ADN au cœur des cellules.

Genèse d'une découverte

Dans les années 80, les professeurs Elizabeth Blackburn, Carol Greider, et Jack Szostak, collaborent afin d'étudier les mécanismes de protection et de réparation des chromosomes lors de la mitose cellulaire.

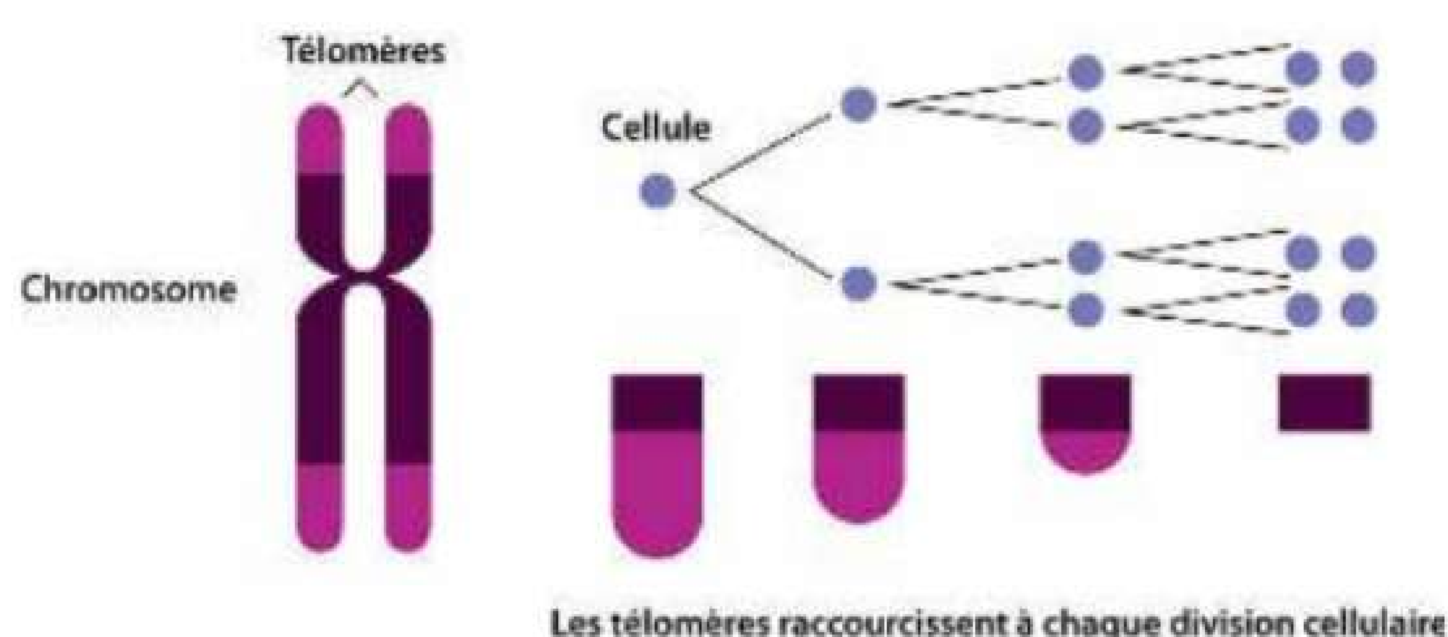


Mitose cellulaire et réplication des chromosomes



Les cellules de l'organisme se reproduisent régulièrement par un processus de division appelé mitose, la cellule initiale se scindant en deux cellules filles identiques qui contiennent le même matériel génétique. Il se produit pas moins de deux trillions de mitoses dans le corps humain chaque jour, ce qui permet de remplacer les cellules mortes ou abimées. Ce grand nombre fait supposer la survenue d'erreurs, c'est pourquoi les chercheurs ont émis l'hypothèse d'un système de protection des chromosomes.

Deux découvertes en une : télomères et télomérase



Les télomères raccourcissent à chaque division cellulaire

Situés aux extrémités de chaque chromosome, les télomères jouent un rôle de protection au moment de la séparation du matériel génétique. En effet à chaque division, ils raccourcissent légèrement, « sacrifiant » leur intégrité pour protéger celle des chromosomes. Le raccourcissement progressif des télomères finit par provoquer la mort de la cellule, appelée sénescence. Les trois scientifiques ont également identifié une enzyme, baptisée télomérase, capable de rallonger les télomères et donc de prolonger la vie des cellules. Ils ont remarqué que cette enzyme n'était active que dans les cellules souches et germinales. Plus le nombre de de cellules sénescentes est grand, plus le vieillissement de l'organisme accélère : la longévité est donc directement liée à la longueur des télomères.

Astragale et télomères

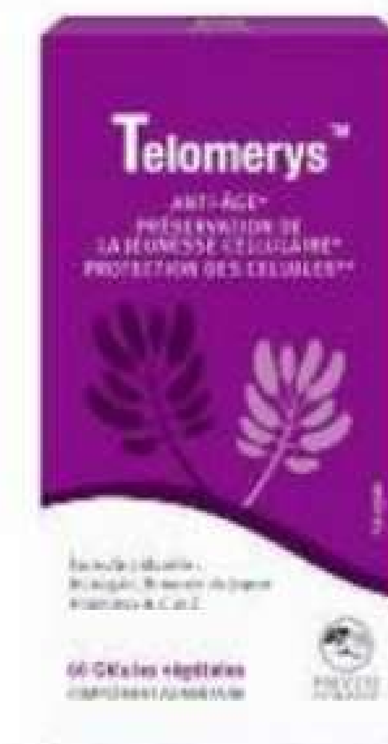


Des scientifiques se sont intéressés à la racine de l'*Astragalus membranaceus*, une petite fleur très utilisée en médecine traditionnelle comme tonifiant et immunostimulant. Ils ont mis en évidence que ses propriétés étaient dues à deux composés, appelés cycloastragenol et astragaloside IV, qui avaient la capacité de réactiver la télomérase dans les cellules. Après plusieurs années de développement, le laboratoire français PhytoResearch a mis au point une formule naturelle basée sur les résultats de ces avancées scientifiques. **Telomerys** associe un extrait concentré de racine d'Astragalus membranaceus à du resvératrol, un puissant antioxydant, ainsi que des vitamines A, C et E. Formule anti-âge inédite, deux gélules par jour suffisent pour constater une diminution significative des rides, une amélioration des fonctions cognitives (mémoire, concentration) et un regain d'énergie.

Disponible en pharmacie et espace diététique

Les experts du laboratoire PhytoResearch sont à votre écoute au **01 85 43 35 97** (tarif local) ou sur www.telomerys.com

Telomerys
60 gélules végétales est disponible sous le code ACL 602 42 56.



"Pour votre santé, mangez au moins cinq fruits et légumes par jour" www.mangerbouger.fr

Le jour où le nouvel avion de combat européen a été dévoilé

1 | Le New Generation Fighter adopte les caractéristiques d'un avion furtif

L'Europe prend le virage de la discrétion radar pour son avion baptisé NGF, sigle de New Generation Fighter. En témoignent les choix technologiques radicaux apparaissant sur la maquette exposée : pans de fuselage très inclinés, entrées d'air masquées, soute pour emporter discrètement l'armement…

2 | Le pilotage avec une visibilité réduite devient possible

Il y aura bien un pilote à bord, mais sa visibilité vers l'extérieur pourrait être rognée au profit de systèmes de vision synthétique et de réalité augmentée. Ce point est essentiel pour la version destinée aux porte-avions, car la position très cabrée de l'avion en phase d'appontage gêne la vision directe de la piste.

5 | Les avancées techniques n'attendent que le soutien d'une volonté politique forte

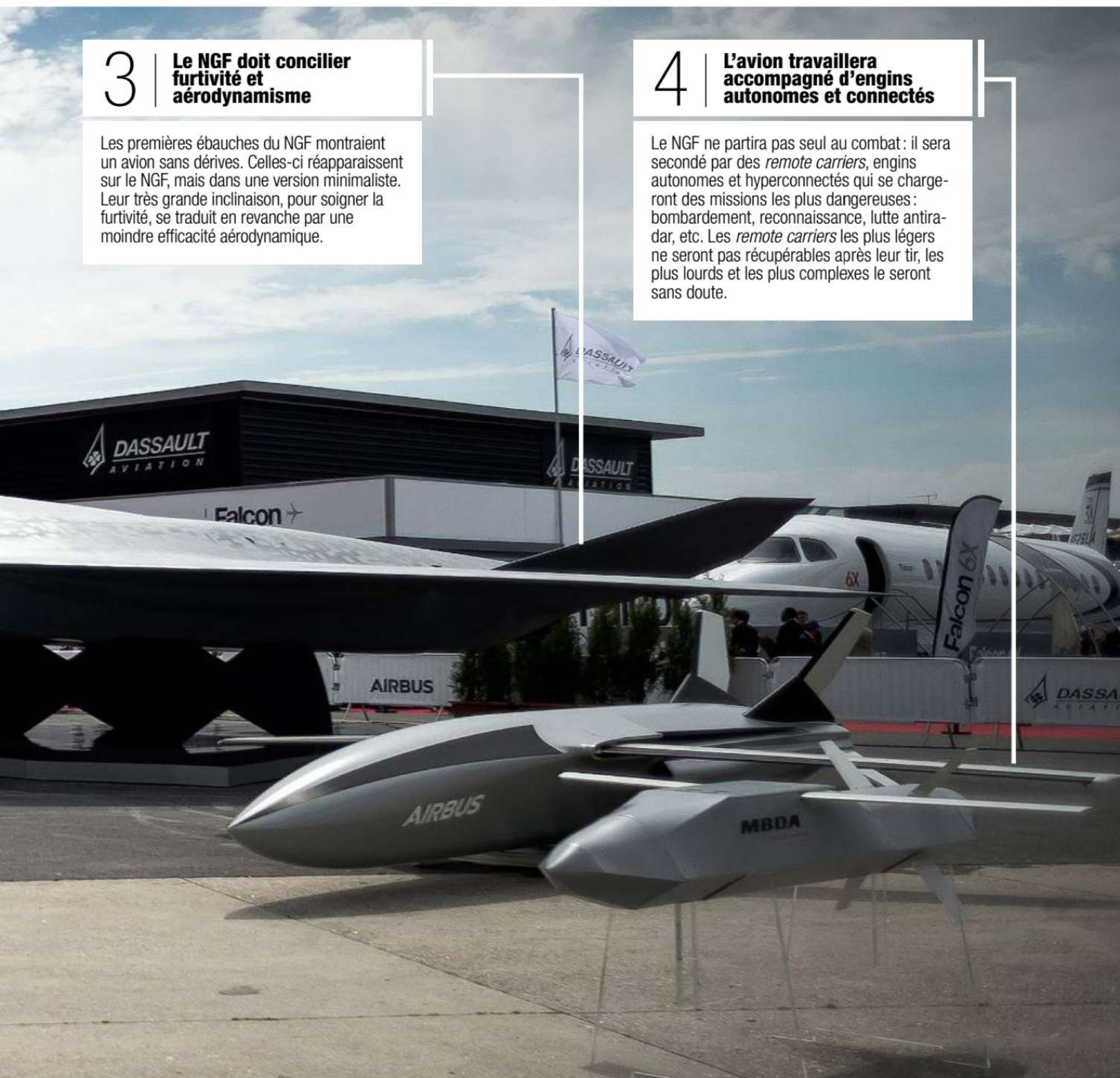
L'Europe a, par le passé, toujours manqué de volonté politique pour se fédérer autour d'un projet commun. En ira-t-il de même en 2019 ? Le Système de combat aérien futur (SCAF) lancé par la France, l'Allemagne et l'Espagne, avec Dassault Aviation et Airbus, fait déjà face au projet Tempest des Britanniques. Et les Américains, aujourd'hui hégémoniques avec leur F-35, sont déjà en embuscade pour la suite…

DASSAULT AVIATION
AIRBUS
DASSAULT AVIATION
AIRB

N.MESSYASZ/SIPA

Le Bourget, 17 juin 2019. La maquette du New Generation Fighter est présentée au dernier Salon du Bourget. Cet avion tiendra une place centrale dans le Système de combat aérien du futur, commun à Paris, Berlin et Madrid. Dassault Aviation et Airbus collaborent sur ce remplaçant des Rafale et autres Eurofighter. Premier vol prévu en 2026.

PAR **FRÉDÉRIC LERT**



3 | Le NGF doit concilier furtivité et aérodynamisme

Les premières ébauches du NGF montraient un avion sans dérives. Celles-ci réapparaissent sur le NGF, mais dans une version minimaliste. Leur très grande inclinaison, pour soigner la furtivité, se traduit en revanche par une moindre efficacité aérodynamique.

4 | L'avion travaillera accompagné d'engins autonomes et connectés

Le NGF ne partira pas seul au combat : il sera secondé par des *remote carriers*, engins autonomes et hyperconnectés qui se chargeront des missions les plus dangereuses : bombardement, reconnaissance, lutte antiradar, etc. Les *remote carriers* les plus légers ne seront pas récupérables après leur tir, les plus lourds et les plus complexes le seront sans doute.

L'étrange affaire… de la ville aux 1 000 jumeaux



Rappel des faits
En mars 2019, la chercheuse Lorena Madrigal présente les résultats de ses recherches, qui confirment des rumeurs sur la ville indienne de Kodinhi : les naissances de jumeaux y ont été multipliées par 10 en 50 ans !

Sur place, chacun ou presque a sa propre explication : *"Les hindous disent que c'est un don des dieux, tandis que les musulmans y voient un don de Dieu"*, se plaît à comparer Lorena Madrigal, anthropologue à l'université de Floride du Sud. *"Beaucoup d'habitants pensent que cela vient de l'eau qu'ils boivent"*, relate quant à lui Velavan Thirumalaisamy, spécialiste de médecine tropicale à l'université de Tübingen, en Allemagne.

Et ces spécialistes, qu'en pensent-ils ? *"Je ne sais pas"*, reconnaît la première. *"Ça reste à éclaircir"*, euphémise le second.

Difficile de leur jeter la pierre, car ces courageux chercheurs n'ont pas choisi le sujet d'étude le plus simple : comprendre pourquoi, dans la ville de Kodinhi, dans le sud de l'Inde, le nombre de naissances de jumeaux a été multiplié par 10 en 50 ans, au point qu'on dénombre à présent environ 500 paires de jumeaux – et une quinzaine de triplés – dans cette ville de 10 000 habitants. Le taux de gémellarité le plus élevé jamais recensé dans le monde.

Certes, l'explication aurait pu être simple. Car certaines caractéristiques maternelles sont connues pour favoriser les naissances multiples : *"Les mères de jumeaux sont généralement plus âgées, plus grandes, plus grosses, elles fument et ont eu plusieurs enfants auparavant*, recense Lorena Madrigal. *Mais à Kodinhi, elles ne possèdent aucune de ces caractéristiques ! Elles ne correspondent pas du tout à ce à quoi on s'attendait…"* reconnaît la chercheuse.



Pour expliquer ce taux de gémellarité record, les chercheurs suivent deux pistes : environnementale et génétique.

PAUBEL FRANK/HEMIS.FR - S. AQUINDO

Cette dernière ne peut donc pour l'instant formuler qu'une hypothèse vague : celle d'un "phénomène épigénétique". À savoir une modification de l'expression des gènes due à un facteur environnemental.

Ce ne serait peut-être pas la première fois : *"Après la guerre contre les Américains, il y a eu, dans une région du sud du Vietnam fortement touchée par les bombardements avec l'agent orange, une augmentation transitoire du taux de gémellarité"*, relate Velavan Thirumalaisamy.

Reste à identifier quel facteur environnemental pourrait, en Inde, avoir provoqué cette augmentation exponentielle – et toujours en cours – des naissances de jumeaux.

Pour l'instant, aucun coupable ne ressort de manière évidente. *"Les médecins de la région que nous avons interrogés ne voyaient pas d'explication"*, affirme Velavan Thirumalaisamy. *"Les habitants m'ont dit qu'ils ne subissaient pas la pollution agricole"*, rapporte quant à elle Lorena Madrigal, qui maintient cependant son intérêt pour cette hypothèse : *"L'Inde est très polluée, et parfois les habitants ne s'en rendent pas compte"*, explique-t-elle.

LA PISTE GÉNÉTIQUE

La piste environnementale n'est donc pas exclue. Sauf qu'une nouvelle révélation vient encore ajouter un peu d'étrangeté à toute cette histoire. Celle que nous a confiée Velavan Thirumalaisamy. Avec plusieurs confrères, le scientifique a étudié la piste génétique. Et après avoir analysé l'ADN présent dans les échantillons de salive des membres de plus de 80 familles où sont nés des

jumeaux, *"nous avons découvert une mutation présente chez la plupart des individus"*, assure Velavan Thirumalaisamy. Mutation qui pourrait, selon lui, favoriser la gémellarité: *"Je ne peux pas vous en dire plus tant que mon étude n'est pas publiée"*, s'excuse le chercheur.

Hypothèse d'une cause environnementale, découverte d'un mécanisme biologique… Affaire réglée?

Loin de là. Car comment expliquer qu'une même mutation touche subitement un aussi grand nombre de familles différentes? *"Nous n'avons pas de réponse, pour l'instant"*, reconnaît Velavan Thirumalaisamy. Et comment expliquer que le taux de gémellarité augmente avec les générations? *"C'est une question à laquelle je ne peux pas répondre"*, ne peut que répéter le chercheur.

Bref, la météo semble une science plus sûre que toutes les hypothèses formulées jusqu'à présent. Et en ce qui concerne la ville de Kodinhi, elle est formelle: le brouillard n'est pas près de se dissiper.

E. Abdoun

#C'ESTDIT!

#C'ESTDIT!



Arrêtez de confondre fumette et cannabis thérapeutique!

Quelle mouche a donc piqué l'Académie nationale de pharmacie? Mi-juin, elle signe un communiqué de presse dans lequel elle affirme que *"le cannabis thérapeutique n'existe pas"*! Détaillant ensuite un argumentaire sur les risques liés à sa consommation. Or ces effets, bien réels, se concentrent sur l'usage récréatif du cannabis. *"L'Académie de pharmacie mélange tout; soit il s'agit d'une méconnaissance du dossier, soit d'une volonté délibérée de faire croire que le cannabis à visée thérapeutique est une drogue"*, s'insurge Nicolas Authier, le président du comité de l'ANSM qui, en juin, a rendu un avis positif sur l'expérimentation de la substance en France dans un strict cadre médical, contre les douleurs, certaines formes d'épilepsies… En réalité, l'Académie nationale de pharmacie veut peser de tout son poids sur un débat bien plus politique que "pharmacologique": celui de la légalisation du cannabis. En juin dernier, une note du Conseil d'analyse économique évoque pour la première fois la piste de la légalisation en France. Or, *"autoriser le cannabis soi-disant thérapeutique est la première étape vers la légalisation tout court"*, s'énerve Jean-Pierre Goullé, l'un des membres de l'Académie de pharmacie. Vouloir se dresser contre la légalisation du cannabis méritait-il de nier les connaissances récemment établies sur les bénéfices réels de la substance? Il ne viendrait pas à l'idée de l'Académie de s'opposer à l'usage des médicaments opiacés. Une chose est sûre: en créant un écran de fumée entre les connaissances scientifiques sur la substance et les réflexions sur sa légalisation totale, l'Académie ne se rend pas service… Plus grave, elle embrouille les citoyens.

C. Hancok

Les clés pour comprendre le lien entre avion et climat

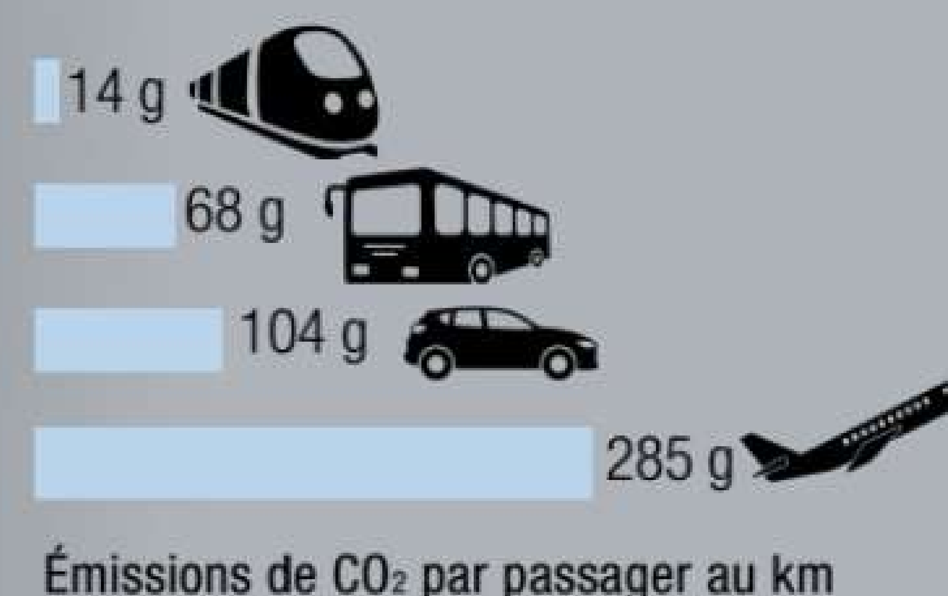
Le transport aérien pourrait-il décliner pour cause de pollution ? Les chiffres du trafic mondial disent plutôt le contraire. Mais une prise de conscience est en train de naître dans certains pays où une alternative crédible à l'avion existe. Car le constat sur les émissions de CO_2 est là…

PAR **PIERRE-YVES BOCQUET**



1 L'avion est le mode de transport le plus polluant

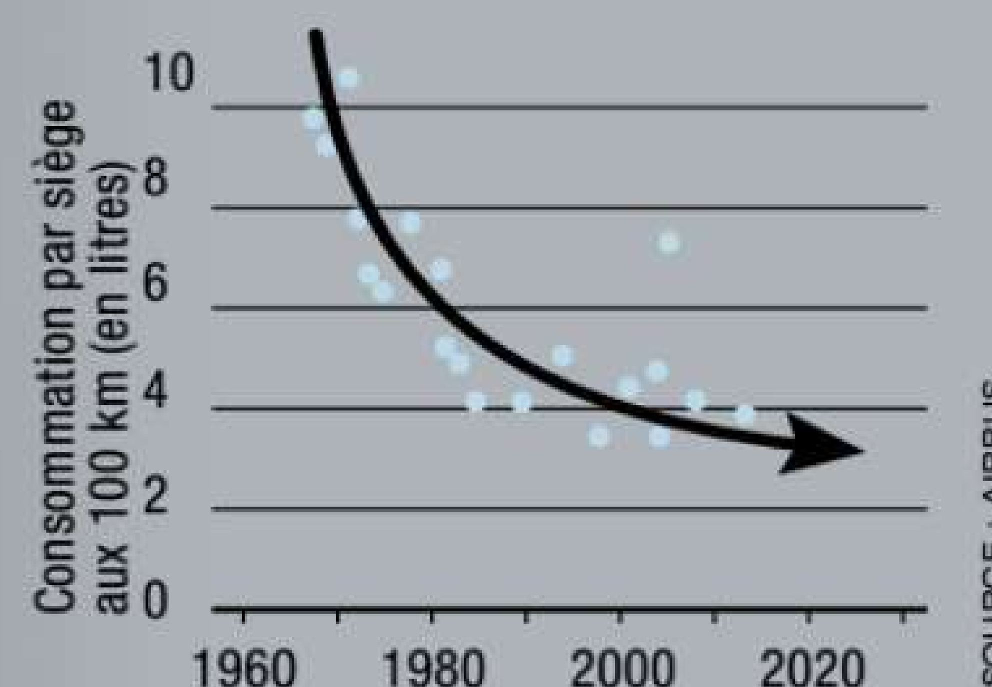
En prenant en compte le taux moyen de remplissage, l'avion est de loin le mode de transport le plus émetteur de CO_2 par passager et par kilomètre.



SOURCE : AGENCE EUROPÉENNE POUR L'ENVIRONNEMENT

3 Les avions sont de plus en plus sobres

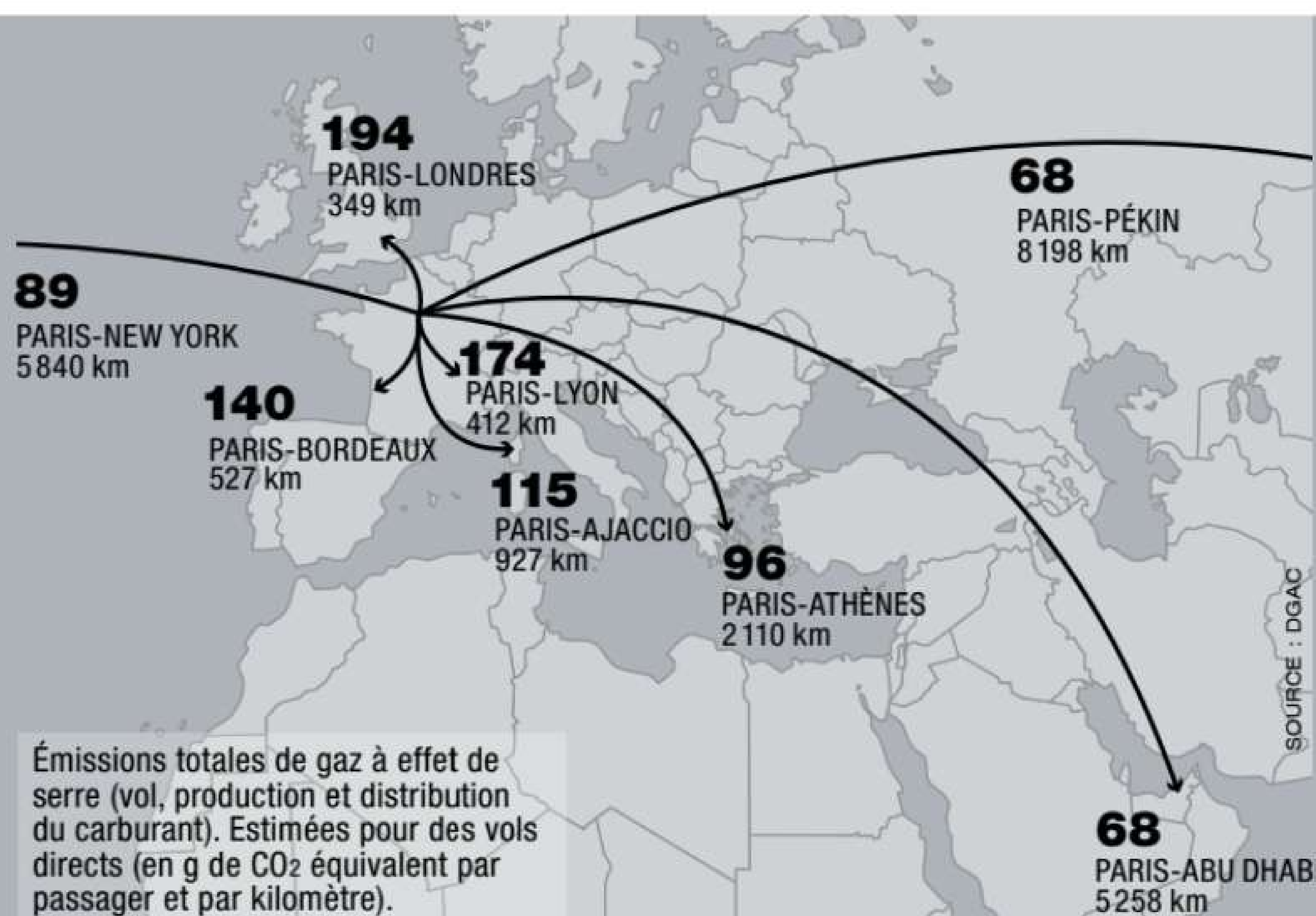
Les émissions de CO_2 sont proportionnelles à la consommation de carburant. Or, grâce aux progrès réalisés par les motoristes et par les avionneurs (allègement, amélioration de l'aérodynamisme), la consommation des appareils a été divisée par 5 en 50 ans.



SOURCE : AIRBUS

SHUTTERSTOCK - M.KONTENTE - B.BELLANGER

L'avion est devenu le symbole des outrages portés au climat, l'exemple même du moyen de transport à bannir. Interrogeant du coup nos modes de vie basés sur la liberté de déplacement que cette technologie plus que centenaire a permis de démocratiser. En Suède, le concept de "*flygskam*", littéralement "la honte de prendre l'avion", fait de plus en plus d'émules : le pays a enregistré un premier recul du trafic aérien (-5,6 % sur les vols intérieurs au 1er trimestre 2019). Un signal fort pour un secteur habituellement porté par une croissance insolente. Une autre menace le guette : les appels à taxer le kérosène sur les vols intérieurs, pour mettre fin à l'impunité fiscale dont il bénéficie et inciter à changer de mode de transport. L'avion ne représente pourtant que 2 à 3 % (450 millions de tonnes) des émissions mondiales de gaz à effet de serre, arguent ses défenseurs. Mais celles-ci sont évitables, et amorales sur des trajets courts, répondent ses opposants. Voici quelques données qui permettront à chacun de savoir s'il éprouvera le *flygskam* lors de son prochain voyage.



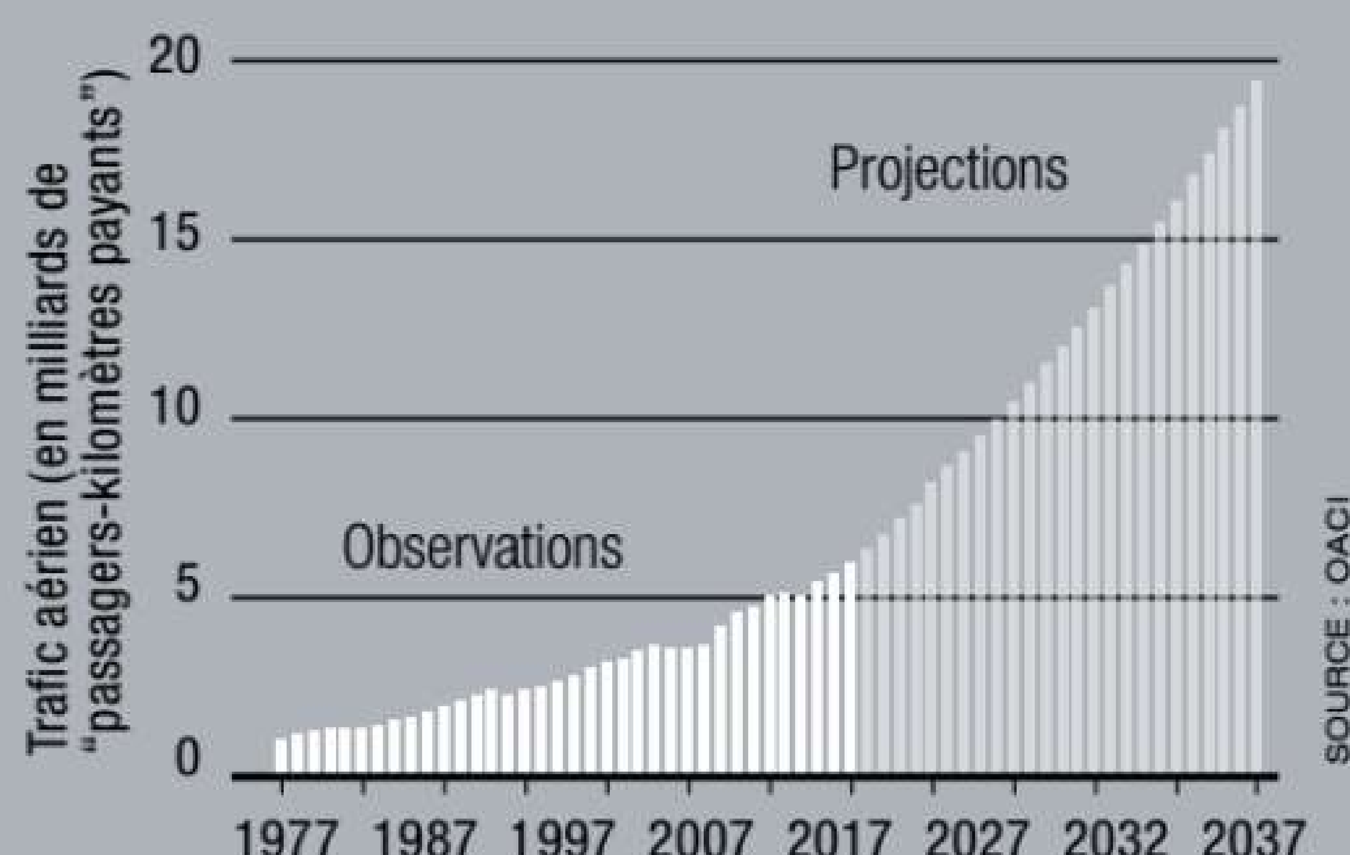
Émissions totales de gaz à effet de serre (vol, production et distribution du carburant). Estimées pour des vols directs (en g de CO_2 équivalent par passager et par kilomètre).

2 Les trajets les plus courts émettent relativement plus

La phase du décollage, moment où les pilotes poussent à fond les manettes des gaz pour obtenir le maximum de puissance, est celle où les réacteurs consomment le plus de carburant à la minute. Une dépense dont le poids relatif pèse fatalement davantage sur les trajets courts, à appareil équivalent. Conséquence : sur une même distance, un vol avec correspondance (et donc un décollage supplémentaire) émet sensiblement plus de CO_2 par passager et par kilomètre qu'un vol direct.

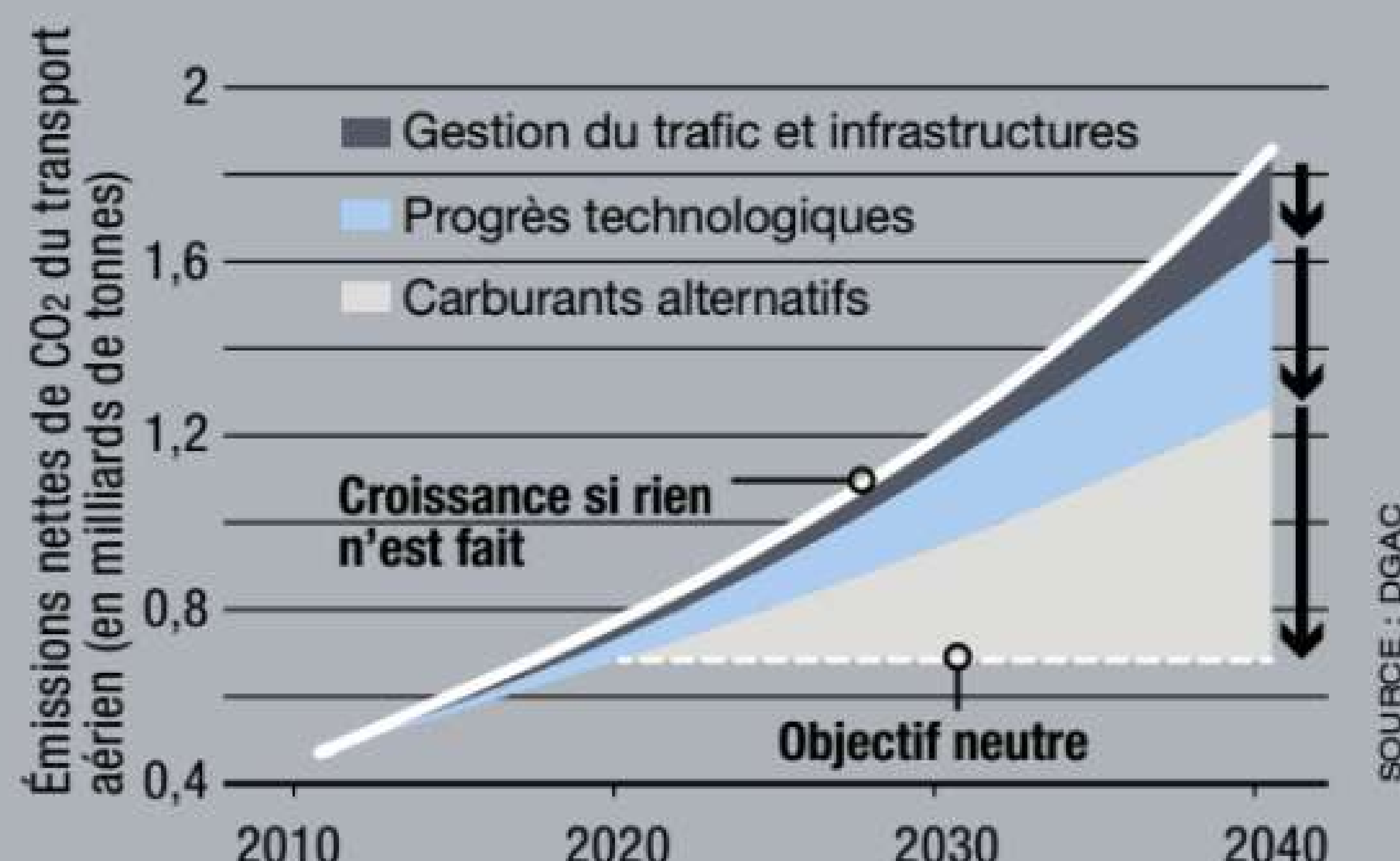
4 Mais pas assez pour compenser l'envolée du trafic aérien

Le trafic aérien mondial enregistre une hausse constante de 5 % par an, avec une régularité de métronome. Si bien qu'il double tous les 15 ans, faisant inexorablement augmenter les émissions globales de CO_2 du secteur qui pourraient peser jusqu'à 15 % des émissions mondiales en 2050.



5 Une impasse technique

Les seules pistes qui pourraient améliorer le bilan carbone des avions – biocarburants, propulsion électrique – sont loin d'être au point. Le secteur s'est donc engagé à stabiliser ses émissions de CO_2 dès 2020 par un système de compensation financière. Autrement dit, il va acheter un droit à polluer… Pas sûr que le climat en sorte gagnant.



Accident nucléaire: la nouvelle distribution d'iode interroge

Pourquoi étendre le périmètre de sécurité?

En septembre 2019, 2,2 millions de Français de 1 063 communes recevront pour la première fois un courrier avec les consignes à respecter en cas d'accident nucléaire et un bon à échanger en pharmacie contre une boîte de comprimés d'iode, pour prévenir le risque de cancer de la thyroïde. Autour des 19 centrales françaises, le rayon d'application des Plans particuliers d'intervention (PPI) passe en effet de 10 à 20 km. Un dispositif inspiré par l'expérience de Fukushima. Et qui n'est pas lié à un accroissement du risque, comme le précise Emmanuel Bouchot, de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN): *"Cet élargissement de la zone permet d'améliorer l'information et la protection des personnes, ainsi que la gestion de la crise."*



Pourquoi seulement maintenant?

L'élargissement du périmètre a été décidé en 2016. Pourquoi avoir attendu trois ans? La dernière campagne de distribution, début 2016, était simplement destinée à remplacer les comprimés délivrés en 2009 et qui se périmaient. Celle qui va débuter est donc une campagne complémentaire. *"L'objectif n'est pas tant de distribuer de l'iode que d'éduquer de nouveaux riverains aux réflexes à avoir en cas d'accident: se mettre à l'abri, écouter les infos, ne pas aller chercher ses enfants à l'école…"* détaille Emmanuel Bouchot.

En bref



2020

La Nasa souhaite ouvrir la Station spatiale internationale (ISS) aux touristes et aux entreprises dès l'année prochaine. Jusqu'à deux missions courtes par an seront autorisées. Il faudra compter près de 51 millions d'euros pour le voyage. Plus 30 000 € minimum par nuit dans la station… **C.T.**

531

C'est le nombre annuel de décès imputables à la pollution dans l'agglomération de Lyon. Cette estimation inédite de l'Inserm s'appuie sur les conditions réelles de pollution entre 2015 et 2017. La méthode serait parfaitement transposable à d'autres villes. **C.T.**

Pourquoi ne pas en distribuer partout ?

En Suisse, l'iode est envoyé par courrier dans un rayon de 50 km autour des centrales ; en Allemagne et au Royaume-Uni, le rayon varie selon les régions ; la Belgique, elle, a prévu d'étendre la distribution à tout le pays. Chez nous, il n'est pas question d'élargir davantage le périmètre. *"On ne peut pas sensibiliser aussi efficacement 60 millions de personnes au risque nucléaire,* justifie Emmanuel Bouchot. *Un Parisien n'a pas le même rapport au nucléaire que celui qui habite à 5 km d'une centrale."* En cas d'accident, au-delà du 20e kilomètre, des comprimés d'iode seraient délivrés à tous les Français. Les autorités départementales disposent de stocks prévus à cet effet.

Éva d'Annunzio

#FAKENEWS

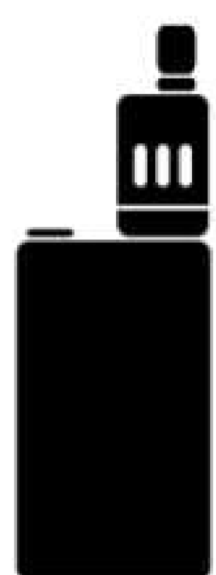
Non, 40 % de la glace du Groenland n'a pas fondu en un jour



Le jeudi 13 juin, plusieurs médias ont vu rouge : 40 % de la glace du Groenland venait de fondre sous leurs yeux en une seule journée ! *"Il aurait fallu au moins l'impact d'une énorme météorite sur le Groenland pour en faire fondre autant"*, plaisante rétrospectivement le glaciologue Olivier Gagliardini, de l'université Grenoble Alpes. Il faut dire que le volume total de glace du Groenland est d'environ 2,5 millions de kilomètres cubes, si bien que cette fonte exceptionnelle aurait liquidé en 24 heures l'équivalent d'un iceberg cubique d'une centaine de kilomètres de côté ! Un scénario catastrophe digne d'Hollywood où toutes les mers du Globe se seraient alors soulevées de près de 3 m de hauteur. Cette redoutable confusion entre volume et surface de glace fondue ferait passer pour anecdotiques les effets bien réels du réchauffement climatique : depuis dix ans, le Groenland perd chaque année 280 km³ de glace. À ce titre, ce jeudi 13 juin a bien été exceptionnel par son intensité : 2 km³ de glace se sont liquéfiés sur 40 % de la surface de l'île et ce, même à des altitudes autrefois épargnées durant l'été. *"La hausse des températures estivales liée au réchauffement climatique détruit désormais plus de glace l'été qu'il ne s'en forme l'hiver"*, souligne le chercheur. À ce rythme, les scientifiques estiment que le Groenland à lui seul pourrait contribuer à élever le niveau des mers de 15 cm d'ici à 2100.

J.-B. Veyrieras

TONWEN JONES/COLAGENE - GARO/PHANIE - SHUTTERSTOCK



39,7 %

C'est la proportion d'utilisateurs d'e-cigarettes qui fument encore du tabac au quotidien. Selon les derniers chiffres de Santé publique France, ce taux a diminué de moitié depuis 2014. Plus de 49 % des utilisateurs sont aujourd'hui d'anciens fumeurs. Ils étaient 23,5 % en 2014. **C.T.**



56

C'est, en décibels, le son minimal que devra émettre une voiture électrique roulant en dessous de 20 km/h pour alerter les piétons de sa présence. Mise en place depuis juillet, cette décision est imposée aux constructeurs par une réglementation européenne. Entre sécurité et silence, plus de choix possible ! **M.V.**

Les nouveaux billets seront plus difficiles à falsifier

De tout nouveaux billets de 100 et 200 € sont arrivés au mois de mai. Dotés de dispositifs de sécurité inédits, ils visent à rendre leur falsification toujours plus difficile. Une course à l'innovation qui devrait permettre de garder une longueur d'avance sur les faussaires.

530 000

C'est le nombre de faux billets détectés en 2018 dans la zone euro ; contre près de 900 000 en 2014, avant l'introduction des premiers billets plus sécurisés de 5, 10, 20 et 50 €.

PAR **KHEIRA BETTAYEB**



PLUS PETITS ET PLUS FACILES À TRAITER PAR LES MACHINES

S'ils gardent leur forme et leur couleur (vert pour le billet de 100 et jaune pour celui de 200), la hauteur des nouveaux billets a été alignée sur celle du billet de 50 € émis en 2017. Ce qui, selon la Banque centrale européenne (BCE), permettra aux machines de les manipuler et de les traiter plus facilement. Leur longueur (proportionnelle à leur valeur) est inchangée.

DE NOUVEAUX DISPOSITIFS ANTIFRAUDE BIEN VISIBLES…

Les billets sont légèrement en relief. Ils affichent, en filigrane, le portrait de la princesse Europe : à g. dans la partie blanche et à dr. dans la bande métallique. Le haut de cette dernière révèle aussi, quand on incline le billet, des petits symboles € autour du nombre 100 ou 200. Chiffre qui, en bas à gauche, est lui-même plein de petits €, et passe progressivement du vert émeraude au bleu profond quand on le penche.

… ET D'AUTRES PARFAITEMENT INDÉTECTABLES À L'ŒIL NU

Une dizaine d'autres indices sont uniquement détectables sous ultraviolets ou infrarouges, comme le pratiquent banques, transporteurs ou commerçants. Quatre autres (plus secrets) ne sont repérables que par les banques centrales. *"Leur multiplicité contribue à rendre les billets encore plus difficiles à falsifier"*, explique Vincent Bonnier, directeur général à la Banque de France.

PRENDRE LES FAUSSAIRES DE VITESSE

Ces innovations ne suffiront pas à tenir définitivement en échec les faussaires (toujours plus ingénieux), qui devraient parvenir à les contrefaire. Pour garder une longueur d'avance, *"les signes de sécurité et les machines destinées à les lire sont améliorés en permanence par la BCE et les 19 banques centrales nationales de la zone euro. De sorte que de nouveaux billets arrivent tous les 10 à 15 ans"*, rappelle Vincent Bonnier.

EUROPEAN CENTRAL BANK COPYRIGHT 2018

CROISIÈRE LECTEURS

PROPOSÉE POUR VOUS PAR VOTRE MAGAZINE

SCIENCE&VIE

NOUVEAUTÉ 2019

Du 21 au 28 novembre 2019



SOLEILS de Malte et de Sicile



CROISIÈRE LECTEURS EXCLUSIVE

avec *Olivier Barrot*
Écrivain et journaliste



et *Jean-Luc Evêque*
Directeur de croisière et chef de chœur

Les points forts

- **Des conférences et des échanges captivants avec Olivier Barrot*,** autour d'auteurs qui ont traversé ces 2 îles par leur vie ou leurs œuvres : *"Le Faucon maltais", "Conversation en Sicile" mais aussi l'œuvre de Jean d'Ormesson...*
- **Des divertissements exclusifs** à partager avec **Jean-Luc Evêque*** : chorale, soirées animées et autres surprises...
- **Les plus belles escales de Méditerranée et sous la lumière et la douceur du climat du sud :** la richesse baroque de Catane, les trésors archéologiques de Malte ainsi que l'inoubliable baie de Syracuse...
- **Un confortable bateau** d'une centaine de cabines seulement et **un équipage francophone** aux petits soins pour vous.

** Sauf cas de force majeur. Programme prévisionnel sujet à modification.*

Téléchargez la brochure complète sur www.croisieres-lecteurs.com/sv

Infos & réservation au **01 41 33 59 00** en précisant SCIENCE & VIE

Du lundi au vendredi de 9h à 18h et samedi de 9h à 12h



À retourner à Science&Vie - CROISIERE LECTEURS MALTE/SICILE - CS 90125 - 27091 EVREUX CEDEX 9

SCIENCE&VIE

☐ OUI, je souhaite recevoir GRATUITEMENT et SANS ENGAGEMENT la documentation complète de cette croisière proposée par Science&Vie .

Nom : .... Prénom : ....

Adresse : ....

Code postal : ________ Ville : ....

Tél. : ____________ Email : ....

CE19PVLP

☐ Oui, je souhaite bénéficier des offres de Science&Vie et de ses partenaires. Avez-vous déjà effectué une croisière (maritime ou fluviale) ☐ OUI ☐ NON

Conformément à la loi "Informatique et Liberté" du 6 janvier 1978, nous vous informons que les renseignements ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et que vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification et de suppression de ces données par simple courrier. Science & Vie est une publication du groupe Mondadori France - Siège Social : 8 rue François Ory - 92 543 Montrouge Cedex. L'inscription à cette croisière implique l'acceptation des conditions générales et particulières de vente CroisiEurope au dos du bulletin de réservation joint à ce programme. Crédits photo : Istock, D.R., CroisiEurope et Shutterstock.

CroisiEurope

Futur

Science & société

AOÛT 2019

ÉTATS-UNIS

JAPON

ROYAUME-UNI

ALLEMAGNE

OCEANIX CITY

NEW YORK



Un projet de ville flottante face à la montée des eaux

Pour affronter la montée du niveau des mers, on connaissait déjà les habitats flottants. Mais le cabinet d'architectes danois Bjarke Ingels Group a vu beaucoup plus grand en imaginant… une ville flottante. Destinée à accueillir les réfugiés climatiques, Oceanix City sera constituée de plateformes hexagonales de 150 m de longueur qui, assemblées entre elles, pourront former une cité de 10000 habitants. Sur place, pas de voiture, les déplacements se feront en bateau ou à vélo, et les livraisons par drones. Surtout, les habitants vivront en autosuffisance grâce à des panneaux solaires sur les toits, un système de collecte d'eau de pluie et des fermes aquacoles sous l'eau. Ces structures seront conçues pour résister aux catastrophes naturelles (tsunamis, ouragans…). Même s'il semble sorti d'un film de science-fiction, ce projet fou a été soutenu par l'ONU. Un prototype devrait d'ailleurs être construit, dans les prochains mois, tout près du siège des Nations unies à New York. L.B.





SKIDMORE/OWINGS/MERRILL - TAKEHITO SUZUKI/THE YOMIURI SHIMBUN

TOKYO



Le train le plus rapide du monde est sur des rails

Alfa-X sera, en 2030, le train le plus rapide du monde avec 360 km/h en vitesse commerciale (entre Tokyo et l'île de Hokkaido), contre 320 pour les TGV. Son nez de 26,25 m, inspiré de celui du martin-pêcheur, réduit la résistance de l'air à l'entrée et à la sortie des tunnels. En alliage d'aluminium et 100% électrique, il est moins énergivore que les Shinkansen dont il est issu. **E.D.**

NEW YORK



Une base lunaire gonflable pour 2050

Extensible à souhait, la station lunaire étudiée par l'Agence spatiale européenne a été imaginée par le cabinet d'architectes américain SOM. Ses structures gonflables seront reliées par des passerelles pressurisées afin de réduire les activités extravéhiculaires. Le village habitable résistera aux températures extrêmes, aux projectiles, à la poussière et au vent solaire. Implanté au pôle Sud, près du cratère Shackleton, dont l'ombre abrite des glaces potentielles, mais dont les crêtes sont exposées à la lumière solaire, il bénéficiera des ressources *in situ*. **A.P.**





FRANCFORT



Des caténaires pour des poids lourds propres

Jusqu'en 2022, Siemens expérimentera sur une autoroute allemande des camions diesel-électrique, équipés de pantographes actifs. Comme un train, ils se connectent et se déconnectent en mode électrique à des caténaires. Objectif : déterminer la viabilité d'une solution qui, sur le papier, s'annonce prometteuse, pour réduire la consommation de carburant et les émissions en CO_2 et oxydes d'azote. **E.T.-A.**

IMPERIAL COLLEGE LONDON/T.GLOVER - SCANIA - FLYING WALES

LONDRES



Des panneaux biosolaires sont testés contre la pollution

Pour absorber le CO_2 de l'atmosphère, la start-up Arborea a inventé des plaques couvertes de millions de microplantes (algues et phytoplancton), dont la croissance est en partie stimulée par l'apport d'eau et de nutriments à travers des microcanaux. Grâce à la photosynthèse, 1 hectare de ces feuilles biosolaires extrait du gaz carbonique de l'air et émet de l'oxygène comme 100 hectares de forêt tout en produisant une biomasse comestible. En partenariat avec l'Imperial College London, elles sont testées depuis avril, sur le campus de White City. **S.F.**

INVERNESS (ROYAUME-UNI)



Les futurs satellites "low cost" pourraient être des dirigeables

Entre le dirigeable et le planeur. Le Phœnix s'élève grâce à l'hélium, et se maintient en l'air en oscillant continûment de bas en haut ! Un mouvement qui lui permet d'engranger assez d'énergie pour se passer de moteur et réaliser des vols de plusieurs semaines à 20000 m d'altitude… Ce qui pourrait faire de lui un satellite de télécommunications "low cost". **A.L.D.**



THÉORIE DE LA BÊTISE

L'INTELLIGENCE N'EST QU'UNE ILLUSION !

"L'esprit n'est pas profond, il n'existe aucun moi intérieur." Avec sa "Théorie de l'esprit plat", Nick Chater vient de jeter un énorme pavé dans la mare. Car ce professeur en sciences du comportement a découvert que notre esprit, loin d'être insondable, fonctionne de façon totalement… superficielle ! Ce que démontrent plusieurs expériences, qui prouvent l'incroyable platitude de notre intellect. Pire, elles remettent en cause ce que nous croyons être nos convictions, notre personnalité et même notre inconscient ! Nous l'ignorons, mais nous sommes tous bêtes ; et le savoir est un premier pas pour l'être moins.

GETTY IMAGES

PAR THOMAS CAVAILLÉ-FOL



60
CE QUE CHANGE LA THÉORIE DE L'ESPRIT PLAT

64
INTROSPECTION
Notre moi intérieur est une illusion de l'esprit

68
PERCEPTION
C'est l'esprit qui nous trompe sur nos sens

72
UNE THÉORIE DE LA BÊTISE AUX MULTIPLES RÉPERCUSSIONS

On pensait que notre esprit était profond...



Avec une personnalité bien ancrée au fond de nous

Depuis Socrate et son fameux "Connais-toi toi-même", il est admis que nous possédons tous, au-delà de nos apparences, un "moi intérieur", une personnalité inaltérable qui nous est propre, même si elle nous demeure inconnue. D'où les tests psychologiques de personnalité – à commencer par le fameux test de Rorschach, en 1921 – mis au point afin d'y avoir accès. Tandis que d'autres en ont dressé la typologie : encore récemment, en 2018, une étude a défini 4 grands types de personnalité : la moyenne, la réservée, la modèle et la centrée sur soi.

Une raison innée

Selon le "Je pense donc je suis" de Descartes, les humains sont doués d'une raison qui s'oppose au corps et à leurs "sens trompeurs". Mieux : tous les hommes seraient habités par de grands principes innés, des connaissances indépendantes de l'expérience qui seraient nécessaires à l'appréhension du monde physique. Pour Descartes et les philosophes rationalistes du XVII^{e} siècle, ces "idées innées" seraient des vérités mises en nous par Dieu.

Et un inconscient bien enfoui

À en croire la vision freudienne développée au tout début du XX^{e} siècle, chacun serait le jouet de son inconscient : mémoires oubliées et désirs refoulés manipuleraient ses faits et gestes sans que l'on s'en rende compte. Cet inconscient permettrait aussi à nos pensées de travailler hors conscience, et serait donc responsable des "éclairs de génie" et autre inspiration spontanée.

Il se focalise en fait uniquement sur l'attention

En dehors de ce qui est au centre de l'attention, peu d'informations sont traitées et elles sont vite évacuées. Cette attention est par contre hyperactive : une étude publiée en 2018 suggère que notre cerveau explore 4 fois par seconde l'environnement visuel pour trouver de nouveaux intérêts sur lesquels se poser.

Il ne fait qu'interpréter à la volée

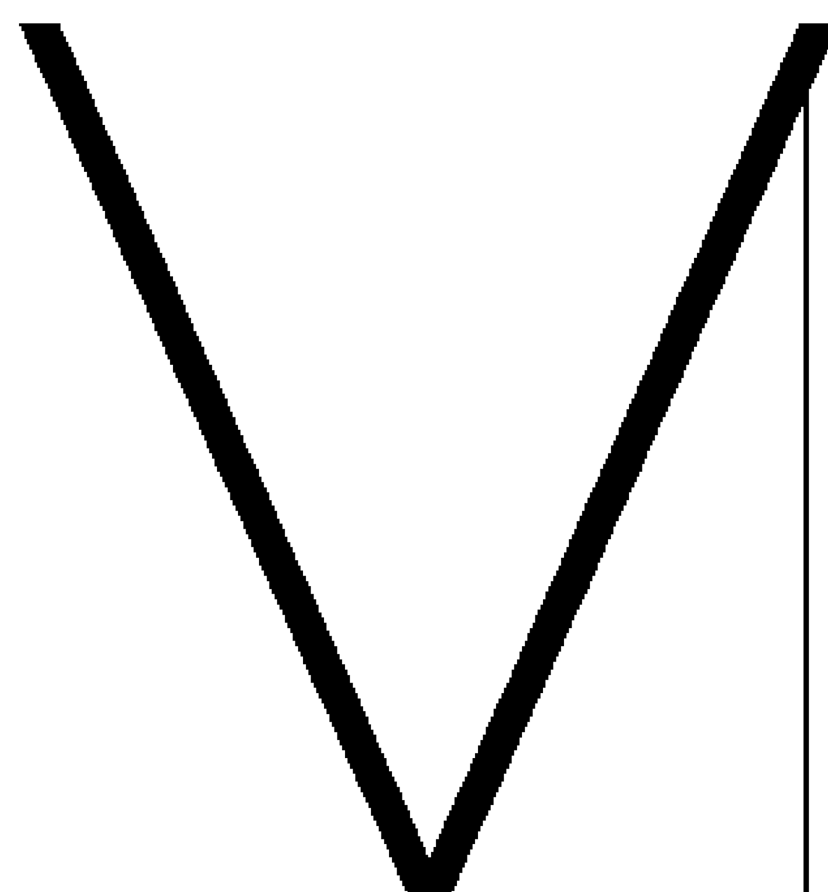
À chaque instant, notre esprit interprète l'objet de notre attention à l'aune de ce qu'il connaît déjà et en fonction de ce qu'il prévoit. Il n'hésite pas pour cela à faire appel à la mémoire et même à la remodeler. Nos pensées n'ont donc aucune profondeur : elles sont élaborées sur le moment.

Il fait illusion grâce à sa vitesse d'exécution

100 milliards de neurones, 1 million de milliards de connexions neuronales… La rapidité du cerveau humain est tout bonnement inconcevable : il aurait, selon une étude américaine, une capacité de stockage de l'ordre du Web, et il a fallu 40 minutes au 20e ordinateur le plus puissant du monde pour décoder une seule seconde d'environ 1 % de l'activité cérébrale. Cette puissance incroyable est à l'origine de l'illusion de sa profondeur.

… alors qu'il est bêtement superficiel

SHUTTERSTOCK - ILLUSTRATION Y.DIRAISON


u toutes les pensées qui vous viennent, vous êtes convaincu de la profondeur de votre esprit, au point qu'il vous paraît insondable? Désolé de vous le dire, mais votre esprit est vide, absolument superficiel, d'une platitude consternante. En un mot, vous êtes "bête".

Ne le prenez pas mal: ce jugement vaut pour tous les humains. Sans exception! Telle est la conclusion de la théorie globale de l'esprit développée par le psychologue anglais Nick Chater: la "théorie de l'esprit plat".

Présentée dans un livre paru fin 2018, cette théorie fait table rase de réflexions philosophiques millénaires, de travaux de psychiatrie séculaires et de dizaines d'années d'études scientifiques dédiées à notre psyché. Le tout en se fondant sur un constat tout simple: *"L'esprit n'est pas profond, il n'existe pas de 'moi intérieur', ni de subconscient ou d'inconscient tels que nous les concevons; au contraire, l'esprit est plat, il élabore en temps réel chacune de nos pensées, mais il le fait avec une telle rapidité, une telle puissance que nous avons l'impression qu'elles ont toujours été là"*, résume le professeur en sciences du comportement à l'université de Warwick.

Plat? L'esprit humain? Allons… En chacun de nous, à chaque décision, chaque sensation perçue, notre esprit semble puiser en ses tréfonds un caractère, des envies, des sentiments, des souvenirs pour les trier avant de les faire remonter à la surface, les mettre en balance et, *in fine*, produire notre pensée. Sans parler des parasitages de l'inconscient, du Moi, du Sur-Moi et du Ça chers à Freud.

Nick Chater balaie tout cela. Dans sa théorie, rien d'enfoui: l'esprit est exclusivement accaparé par les interprétations instantanées générées par ce sur quoi il porte son attention. Il improvise en permanence, sans s'appuyer sur des structures supposées être constitutives de notre identité. Mais il crée l'illusion de leur réalité par sa seule rapidité.

Personnalité, convictions, sentiments… Tout ce qui semble animer notre profondeur intellectuelle s'avère alors une illusion qui aurait émergé en même temps que l'esprit lui-même et grandi avec lui, comme un faux reflet. Une illusion si savamment orchestrée qu'elle nous aurait tous, et depuis toujours, floués, bêtes que nous sommes.

"Pour moi, reprend le chercheur, *le fait de 'chercher en nous', de 'comprendre le moi profond', est une bêtise. Notre pouvoir d'introspection est trop limité, nous ne voyons en nous-mêmes que les histoires que nous voulons bien nous raconter, c'est-à-dire des affabulations. Et nous ne leur donnons alors que trop d'importance en les entretenant."*

APRÈS GALILÉE ET DARWIN…

C'est à la suite d'un vaste travail de méta-analyse que Nick Chater en est venu à formuler la "platitude" de notre esprit. Et cette vision, pour le moins iconoclaste, a été bien accueillie par la communauté scientifique –son livre est lauréat 2019 du prix PROSE en psychologie clinique qui récompense les œuvres universitaires. *"J'admire l'ambition de la théorie de Nick Chater. Nos recherches vont dans le même sens –même si elles sont moins catégoriques"*, témoigne par exemple Petter Johansson, chercheur en psychologie expérimentale (université de Lund, Suède).

Depuis des décennies, de multiples observations psychologiques et neurologiques se sont en fait accumulées, détruisant petit bout par petit bout

les idées que nous nous faisions sur notre esprit. Notre perception si riche? *"Un mirage"*, balaie Ronald Rensink, professeur en cognition visuelle (université de Colombie-Britannique, Canada). Notre pouvoir d'imagination illimité? *"Une construction mensongère"*, assure Stephen Kosslyn, professeur émérite en psychologie cognitive à Harvard. Nos connaissances, notre raison, notre libre arbitre? *"Pour beaucoup des approximations, des interprétations et des histoires qu'on se raconte"*, assène Albert Moukheiber, docteur en neurosciences cognitives (université Paris 13). La théorie de Nick Chater assemble pour la première fois toutes ces illusions mentales en un tout cohérent, qu'elles concernent l'introspection (lire p. 64) ou la perception (p. 68).

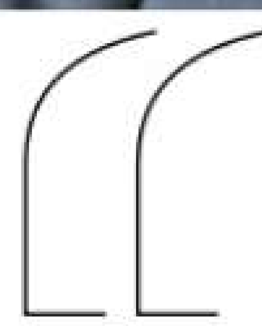
La platitude de notre esprit expliquerait ainsi pourquoi nous sommes influençables, sensibles aux biais cognitifs, et même parfois insensés. D'où l'intérêt de s'en soucier. D'autant que le marketing et les sciences de l'information en jouent pour capter notre attention. Une humiliation anthropologique de plus –après que Galilée nous a éjectés du centre de l'Univers et Darwin fait tomber du sommet de l'évolution, nous voilà sans profondeur?

Oui, mais dites-vous que si votre esprit n'est pas profond, il travaille à une vitesse si faramineuse qu'il réussit à en donner l'illusion. Qu'il est peut-être plat, mais qu'il est un improvisateur tout-puissant. Alors, embrassez votre vie intérieure à la platitude si exceptionnelle qu'elle a réussi à se tromper elle-même sur sa propre nature –des bravos sont de mise. Découvrez-la, votre bêtise, car elle est, aussi, votre véritable intelligence.

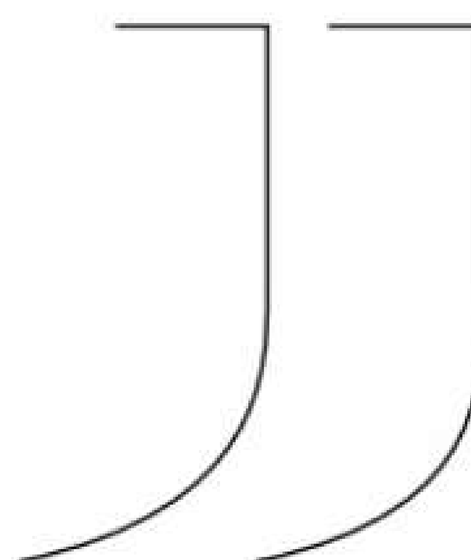
On vous l'avait dit: il ne fallait pas le prendre mal…



S. KIRBY



Avec ma théorie de l'esprit plat, tous nos biais cognitifs s'expliquent enfin!



NICK CHATER

Université de Warwick, auteur de *The Mind is Flat*, traduit sous le titre *Et si le cerveau était bête?*, éd. Plon, 2018

Science & Vie: Comment est née l'idée d'un esprit plat?

Nick Chater: C'était pendant mon doctorat en intelligence artificielle, à la fin des années 1980. Les premières tentatives d'ordinateur intelligent s'étaient attachées à imiter la psyché humaine telle que nous la concevions, les experts s'efforçant d'encoder une sorte de subconscient constitué des grands principes du sens commun, à partir duquel se formeraient un peu magiquement les pensées conscientes et, ainsi, un comportement intelligent. Ce fut un échec. Ces recherches m'ont poussé à reconsidérer la symbolique que nous nous forgeons de notre esprit: peut-être n'avions-nous finalement aucun subconscient, qu'il n'était qu'une illusion engendrée par la formidable puissance du cerveau!

S&V: Comment avez-vous développé votre théorie?

N.C.: Je n'ai fait que rassembler les études en sciences cognitives pointant des "bugs" de la pensée qui ne s'accordent pas avec la vision d'un esprit profond. Je les ai unis en une théorie simple, capable d'expliquer ces étrangetés. Les très nombreux biais cognitifs, les phénomènes comme l'illusion du choix, la création des sentiments *a posteriori*, ainsi que la faiblesse de notre perception sont pour moi des signaux: à ce moment-là, le voile se lève, l'illusion tombe et l'esprit se montre tel qui est réellement: plat.

S&V: Ce qui prend à revers tout ce que l'on pensait savoir sur notre propre vie intérieure…

N.C.: Pour l'instant, aucune étude, à ma connaissance, n'a contredit ma théorie. Au contraire même, les dernières découvertes en neurosciences ont tendance à la soutenir.

INTROSPECTION

NOTRE MOI INTÉRIEUR EST UNE ILLUSION DE L'ESPRIT

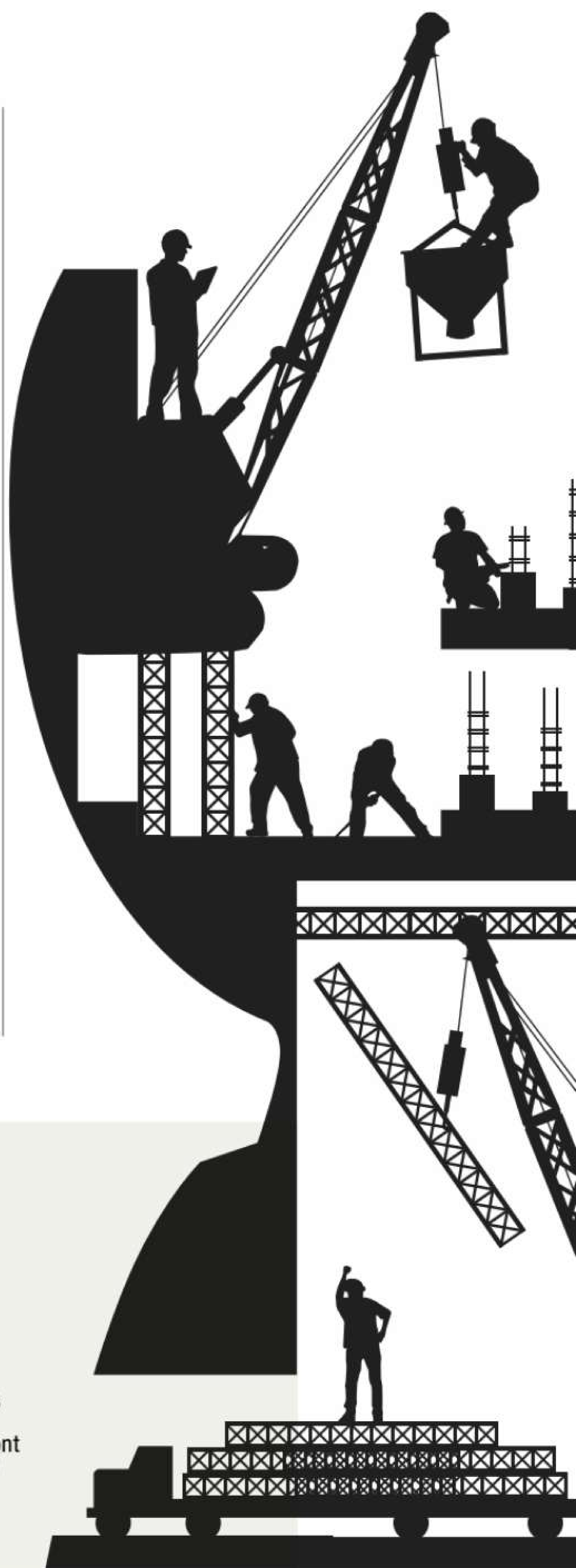
Connais-toi toi-même!" L'injonction socratique semble être plus moderne que jamais. Regardez le nombre de quiz et de tests sur internet, dans les magazines, le nombre de livres et d'horoscopes, sans parler des thérapies personnelles, qui promettent de vous aider à découvrir votre moi profond pour mieux vous accomplir personnellement.

Très bien, sauf que dès que vous vous demandez pourquoi vous avez fait ceci ou choisi cela, vous entrez dans l'illusion… *"Le moi intérieur tel que nous le concevons n'existe pas"*, assène Petter Johansson, chercheur en psychologie expérimentale (université de Lund, Suède). *"Notre capacité d'introspection est très limitée*, renchérit Adam Bear, psychologue à Harvard. *Nous ne savons pas pourquoi nous faisons un grand nombre de choix et nous nous donnons de fausses raisons, après coup, pour les justifier, leur donner une cohérence."* Une capacité à s'illusionner, dans le droit fil de la théorie de l'esprit plat de Nick Chater, qui serait la marque de notre bêtise.

Plusieurs études ont révélé cette illusion introspective au grand jour. Dans l'une d'elles, Petter Johansson a demandé à 120 volontaires de choisir, sur des photos, entre deux personnes celle qui leur paraissait la plus attirante. Ils devaient ensuite expliquer leur choix. Or, entre le choix et son explication, certains tests ont été truqués: des photos ont été inversées sans que les participants s'en rendent compte. Ils se retrouvaient donc à devoir justifier un choix qu'ils n'avaient pas fait!

Vous pensez qu'ils n'ont pas été dupes? Perdu. Sur 354 choix truqués, seuls 26 % ont été détectés, même quand les personnes ne se ressemblaient pas du tout! Et 74 % des participants sont tombés dans le panneau!

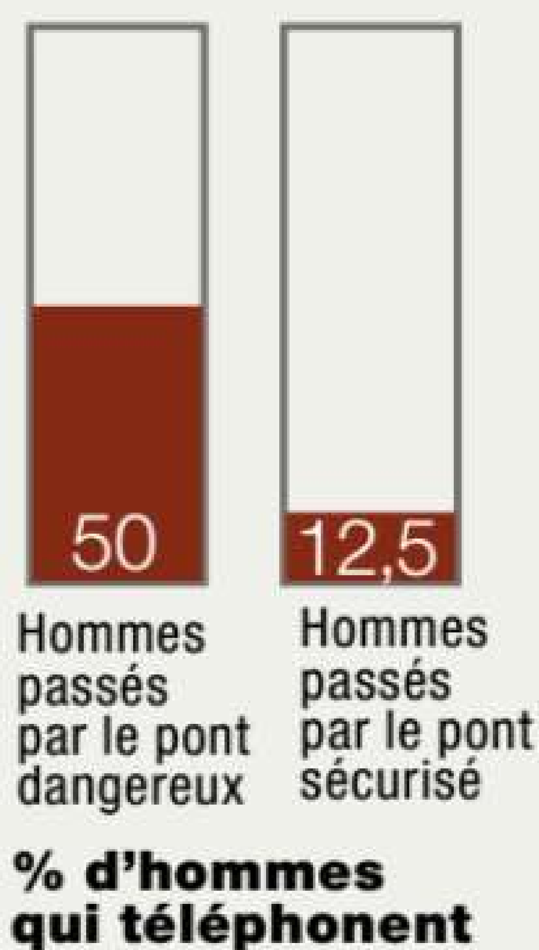
Mais voici le plus savoureux: *"Étrangement, les raisons données pour*





Le test du coup de foudre

Après avoir traversé un pont – dangereux, pour l'un, sécurisé pour l'autre – 2 groupes d'hommes ont croisé une femme qui leur a donné son numéro. Or, ceux du 1er groupe ont été 4 fois plus nombreux à la rappeler pour un rendez-vous. Ils ont confondu les battements de cœur dus à la peur avec ceux de l'attirance.

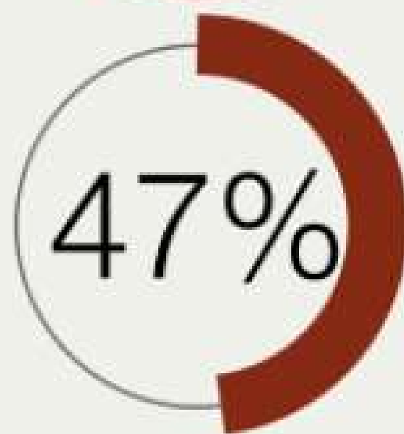


Le test de la préférence

En 2010, 162 Suédois ont répondu à des questions politiques. Les chercheurs ont ensuite inversé plus de la moitié des réponses avant de les rendre aux participants : 1 sur 2 n'a pas retouché une seule question, et tous (sauf un) ont justifié de nouvelles convictions.



des convictions truquées n'ont pas été perçues et ont été défendues par les participants.



des participants n'ont même pas retouché leur questionnaire.



des participants ont exprimé l'intention de changer de vote après l'expérience.





PLAINPICTURE/HARRY + LIDY - SHUTTERSTOCK - B. LEVESQUE / IP3 - B.BELLANGER

expliquer le choix qu'ils n'avaient pas fait étaient tout aussi instinctives et riches que lorsque le choix était réel", pointe Petter Johansson. Mieux : *"Si on reproposait par la suite le même choix à un participant, celui-ci sélectionnait la photo qu'il n'avait pas choisie initialement, et mettait encore plus de passion dans ses explications. Son goût avait été modifié par la manipulation ; son cerveau cherchait à rester cohérent avec son souvenir."*

ON SE RACONTE DES HISTOIRES

Plus que le choix lui-même, plus que ses propres certitudes, ce serait donc l'histoire qu'on se raconte pour se justifier qui ancrerait notre comportement dans le temps. Ce qui, à bien y réfléchir, est une preuve de bêtise.

Le chercheur a ensuite vérifié si ce phénomène de "choix aveugle" se retrouvait aussi dans nos préférences sensorielles : le goût (face à un choix de confitures, par exemple), ou l'odorat (face à plusieurs parfums de thé). Or, l'analyse des pupilles des participants prouve que leurs tergiversations n'étaient pas liées à un quelconque effet d'autorité du scientifique.

Bon, mais après tout, une simple préférence entre des pots de confitures suffit-elle à faire déchoir notre sacro-saint "moi intérieur" ? Petter Johansson et son équipe se sont donc tournés vers des croyances plus profondes, celles avec lesquelles nous nous définissons en tant que personnes, comme nos opinions politiques. Là, impossible de se faire avoir, de se retrouver à justifier des valeurs auxquelles nous n'adhérons pas ! Pensez donc…

Stupéfiant : en reproduisant l'expérience avec un questionnaire politique, les chercheurs ont obtenu les mêmes résultats (lire ci-dessus). Après avoir défendu des idées tout à fait contraires à celles qui les habitaient une dizaine de minutes seulement avant de faire le test, plus d'un participant sur trois a exprimé clairement l'intention de changer de vote, entre "gauche", "droite" et "indécis".

"Bien sûr, nous leur avons révélé l'affaire, précise Petter Johansson. *La plupart n'y croyaient pas du tout. L'un d'entre eux est même revenu peu après pour une étude similaire, sûr de ne plus se faire avoir. Et à notre grand étonnement à tous, il s'est laissé berner une seconde fois !"*

Alors, si les goûts, les jugements et même les valeurs morales que nous croyons ancrés au plus profond de nous sont en fait si superficiels →

qu'on peut les manipuler à loisir, que reste-t-il de notre "moi intérieur"? Nos émotions et nos sentiments peut-être. Car contrairement à nos idées, ce que nous ressentons est réel, nous appartient en propre et ne peut pas être modifié. Ce ne sont pas des illusions.

Vraiment? *"Ce sont aussi des histoires que l'on se raconte,* balaie Jean-Julien Aucouturier, chercheur en neurosciences cognitives au CNRS. *Il faut faire la différence entre la réaction physiologique émotionnelle (le cœur qui bat plus vite face à un danger, par exemple), qui est bien réelle, et l'expérience émotionnelle (comme le sentiment de peur), qui est une construction subjective de notre cerveau, une rationalisation après coup pour donner une cohérence aux réactions physiologiques."* Le chercheur a conçu en 2016 un appareil permettant de moduler en temps réel la voix d'un individu pour lui donner un ton plus triste, apeuré ou enjoué. C'est ainsi que les candidats invités à s'exprimer lors de l'étude discernaient dans leur voix une émotion qu'ils n'y avaient pas mise, ni même ressentie. *"Après écoute, leur état émotionnel avait changé,* commente le chercheur. *Il avait évolué vers celui exprimé artificiellement par leur voix modifiée!"* Ce qui montre que nos états émotionnels sont influencés par les signaux physiologiques perçus.



Le test de la décision

En 2019, 14 volontaires devaient choisir entre 2 formes simples à imaginer, sans décider tout de suite sur laquelle portera leur choix. Ils ne devaient appuyer sur le bouton que quand celui-ci serait fait et seulement alors commencer à se représenter la forme. Or, l'IRM du lobe occipital a détecté que leur cerveau décidait bien avant qu'ils en prennent conscience…

De nombreuses autres expériences vont dans ce sens: *"Ainsi, après une injection de botox dans le visage, dont les muscles figés permettent alors de moins grandes expressions, les personnes ressentent elles-mêmes moins d'émotions,* explique par exemple Jean-Julien Aucouturier. *Des individus en train de regarder un dessin animé avec un stylo entre les dents, qui force leur bouche à s'écarter comme s'ils souriaient, le trouvent plus drôle que ceux qui n'en ont pas."*

Même nos rencontres amoureuses peuvent faire l'objet de ce type de manipulation! Une fameuse expérience réalisée dans les années 1970 montre que l'attirance d'un homme pour une femme est plus forte lorsque la rencontre se fait en haut d'un pont de cordes branlant – car si son cœur bat la chamade, l'homme pense que c'est pour la personne en face de lui (voir p. 64)! Voilà comment on peut se fabriquer un coup de foudre. Assez stupidement, convenons-en…

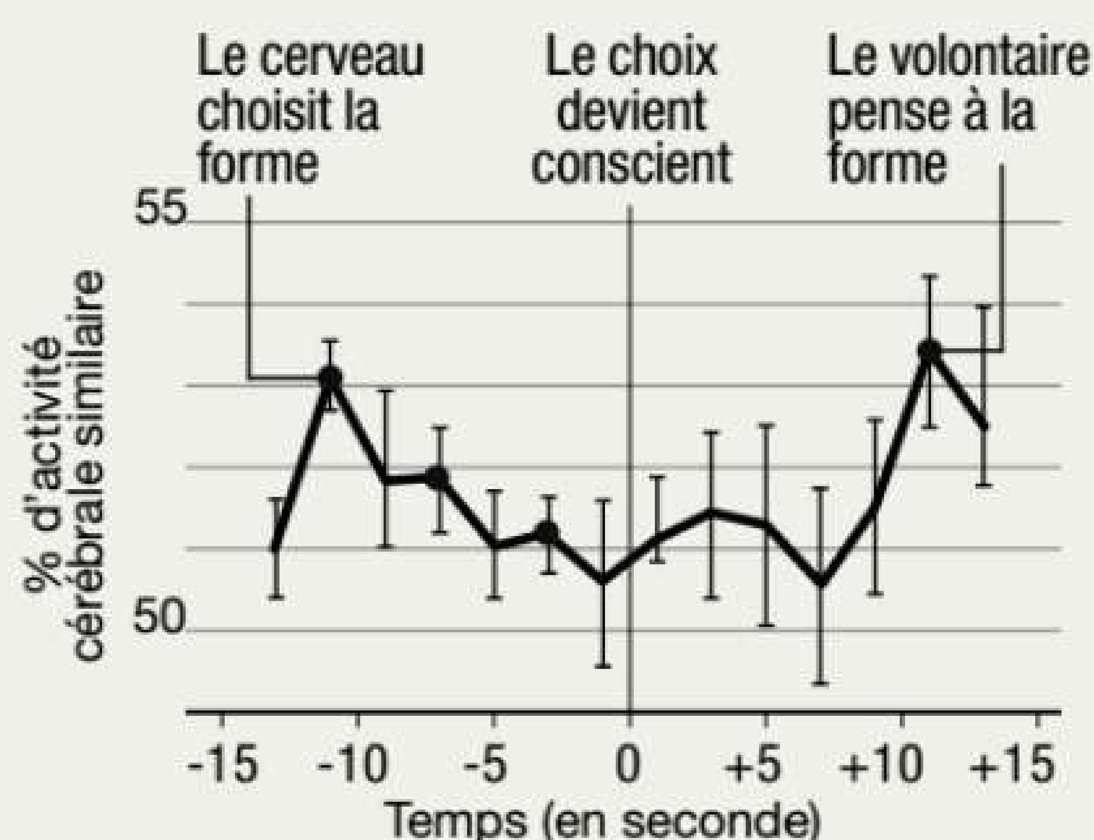
> Notre cerveau est si rapide à expliquer nos pensées qu'il arrive à nous faire croire qu'elles sont ancrées au fond de nous

NOTRE IDENTITÉ REPOSE SUR DU VENT

Alors quoi? Coué, avec sa méthode d'autosuggestion, avait-il donc raison? *"Non, c'est plus subtil,* tempère le neuroscientifique. *N'oubliez pas que toutes les modifications ont ici été réalisées à l'insu des participants. Ceux-ci croient réellement à leurs émotions."* Nos états émotionnels sont donc des interprétations de nous-mêmes, exactement comme nous déduisons qu'une personne est triste ou en colère simplement en regardant son visage ou en entendant sa voix. Nick Chater confirme: *"Il n'y a pas de différence pour notre esprit entre le 'soi' et 'l'autre', ce sont des interprétations du même ordre."*

Et il en va de même pour notre libre arbitre: des expériences ont démontré qu'au moment où une personne croit prendre une décision, celle-ci a parfois déjà été prise par le cerveau de longues secondes avant (voir ci-dessus)!

"C'est là toute la puissance du cerveau, reprend Petter Johansson. *Il est si rapide à interpréter nos choix ou expliquer nos convictions, qu'il donne l'illusion que toutes ces pensées*



Temps de décision
L'IRM montre que leur cerveau a choisi une forme 11 secondes avant qu'ils en aient conscience.

existaient déjà et que tout ce que nous faisons est le fruit de notre identité bien ancrée inconsciente, alors qu'il ne s'agit en fait que d'une succession d'interprétations momentanées."

Saper à la racine l'idée que nous nous faisons de nous-mêmes, dévoiler que notre identité profonde repose sur du vent: voilà qui est perturbant. Et paraît même dangereux puisqu'il suffit de rien pour nous manipuler et nous faire changer d'avis. *"C'est une remarque que l'on nous fait souvent,* avoue Petter Johansson. *Mais on peut aussi voir le bon côté des choses: nous sommes des êtres extrêmement malléables qui peuvent s'améliorer bien plus facilement qu'on ne le pense."*

Il n'y a que les imbéciles qui se pensent si profonds qu'ils imaginent ne jamais pouvoir changer d'avis. Et il n'y a que notre cerveau pour être bête au point de le croire. En attendant, inutile de chercher votre moi profond: il n'existe pas. Ou plutôt, il se tient tout entier à votre surface.

SHUTTERSTOCK - B.BELLANGER

LES BÊTISES DE L'INTROSPECTION

Notre esprit nous maintient dans l'illusion d'une introspection dont découle directement notre bêtise de tous les jours.

LA BÊTISE RÉTROSPECTIVE
En dépit de la masse de souvenirs qui nous appartiennent, nous privilégions les dernières informations disponibles. Il est donc courant de délaisser nos souvenirs lointains pour ne se focaliser que sur l'instant.

LA BÊTISE DE CONFIRMATION
Les informations qui vont dans le sens de l'histoire que l'on se raconte et qui expliquent notre comportement vont apparaître clairement à l'esprit tandis que celles qui entrent en contradiction avec lui seront mises de côté. Et si ces informations atteignent tout de même la conscience, elles seront dédaignées, sous-évaluées.

LA BÊTISE DE COHÉRENCE
Pour donner une cohérence à notre comportement, nous sommes prêts à l'interpréter massivement, et même à modifier nos croyances, nos souvenirs et à en occulter d'autres. Notre esprit peut faire surgir en un instant n'importe quelle justification à nos actions!

LA BÊTISE D'ANCRAGE La première interprétation ou la première impression s'ancre durablement dans le temps. Difficile de prendre en compte les informations suivantes et de se débarrasser d'un ancrage mental bien établi, même en dépit de la raison.

PERCEPTION

C'EST L'ESPRIT QUI NOUS TROMPE SUR NOS SENS

On le sait depuis au moins Descartes : nos sens nous trompent. D'autant plus qu'ils sont limités: l'oreille la plus fine n'entend pas les ultrasons, tandis que la vue la plus perçante reste aveugle à l'immense majorité du spectre électromagnétique. Et même dans la petite partie du spectre visible, notre rétine s'avère piteuse: son acuité visuelle, maximale en son centre, chute drastiquement à mesure qu'on s'en éloigne.

Et pourtant ! Regardez devant vous: ce que vous voyez vous semble parfaitement net. Votre vision a, vous semble-t-il, capté le réel sur plus de 100°, avec toutes ses couleurs, ses formes, sa profondeur... Maintenant, fermez les yeux et pensez à ce que vous venez de voir: l'image apparaît en un instant, presque parfaite. Même le plus futile des objets, dont vous n'aviez quasiment pas conscience lorsque vous avez balayé votre environnement des yeux, votre esprit "si profond" semble l'avoir téléchargé dans votre mémoire.

Impressionnant... Oui, mais ce n'est qu'une illusion. Cette image mentale parfaite n'existe pas. Votre esprit vous leurre encore, comme lors de l'introspection. Il vous fait croire que vous avez vu toute la scène alors qu'il n'en est rien. Hormis les quelques objets sur lesquels votre rétine s'est posée, le reste, jugé indigne de votre attention, est resté un amas flouté, un décor aux contours grossiers, doté d'un résumé de ses couleurs, juste assez pour que vous ne vous doutiez de rien. La comparaison entre l'image que l'on croit percevoir et celle vraiment perçue est éloquente (voir test ci-contre) !

UNE CAPACITÉ D'ANALYSE ULTRARAPIDE

Oui, on sait depuis longtemps que nos sens nous trompent ; mais la façon dont le cerveau nous dissimule cette tromperie n'a, elle, été démasquée que très récemment. *"Ce n'est que dans les années 1990 que des études ont commencé à révéler comment se crée l'illusion d'une perception parfaite,* commente Michael Cohen, professeur en sciences cognitives. *C'est aujourd'hui un domaine de recherche intense."*

Cette propension du cerveau à reconstruire les informations sensorielles n'explique pas seulement les illusions d'optique, mais aussi pourquoi il nous arrive de ne pas trouver quelque chose qui se trouve pourtant juste sous notre nez –tant que nous ne la regardons pas vraiment avec attention, cette chose n'existe pas en tant que telle pour l'esprit, il ne peut donc pas la "piocher". C'est sur cette propension que repose le célèbre jeu pour enfants *Où est Charlie ?* Elle aussi qui provoque des accidents de voiture. Et pose une question fondamentale qui passionne les chercheurs: la conscience des choses se limiterait-elle à notre attention? Question qui en cache une autre: ne sommes-nous pas un peu bêtes de croire à tout ce que nous voyons –ou croyons voir?

Les chercheurs ont déjà découvert quelques ressorts de cette perception faussée: très vite, en 50 millisecondes à peine après avoir ouvert les yeux, nous embrassons un brouillon du décor, une scène imparfaite, un "tout" sans détail mais contenant tout de même des informations que l'on pourrait qualifier de statistiques: luminosité, formes, nature de l'environnement. *"C'est dans cet ensemble brouillé que notre attention identifie les objets sur lesquels elle ira se poser"*, explique Ronald Rensik, directeur du Laboratoire de cognition visuelle (université de Colombie-Britannique, Canada).

À trop vouloir nous offrir un monde cohérent, notre esprit nous leurre sur nos capacités de perception... et nous sommes assez bêtes pour le croire

Ce qui ne devient pas le centre de l'attention reste un amas uni, inachevé, flouté, délaissé. *"Et si ce décor résumé ne fait pas de bruit du tout, il peut même être évacué de la mémoire de travail"*, pointe Michael Cohen. C'est exactement ce qui se passe dans le test de la page suivante.

"Bien sûr, si quelque chose d'important vient perturber les statistiques de ce décor flouté, le changement sera perçu et vous porterez instantanément votre attention dessus", tempère Michael Cohen. *"Cela peut dépendre de combien votre attention est engagée à ce moment précis*, ajoute Ronald Rensink. *Plus vous êtes focalisé, moins vous risquez de remarquer des changements importants ayant pourtant lieu en plein dans votre champ de vision."*

Car l'attention elle-même est bien plus limitée que ce que nous voulons croire : *"Les recherches ont montré qu'on ne pouvait garder à l'esprit que 4 ou 5 objets à la fois*, assène Michael Cohen. *Passé ce nombre, l'attention ne suit plus."* Les tests ont montré qu'il est difficile de remarquer la disparition ou l'apparition d'un objet parmi 5, si celui-ci se volatilise ou apparaît pendant une saccade, un mouvement rapide des yeux, ou juste si on ne le regarde pas directement. →



Ce que l'on croit voir

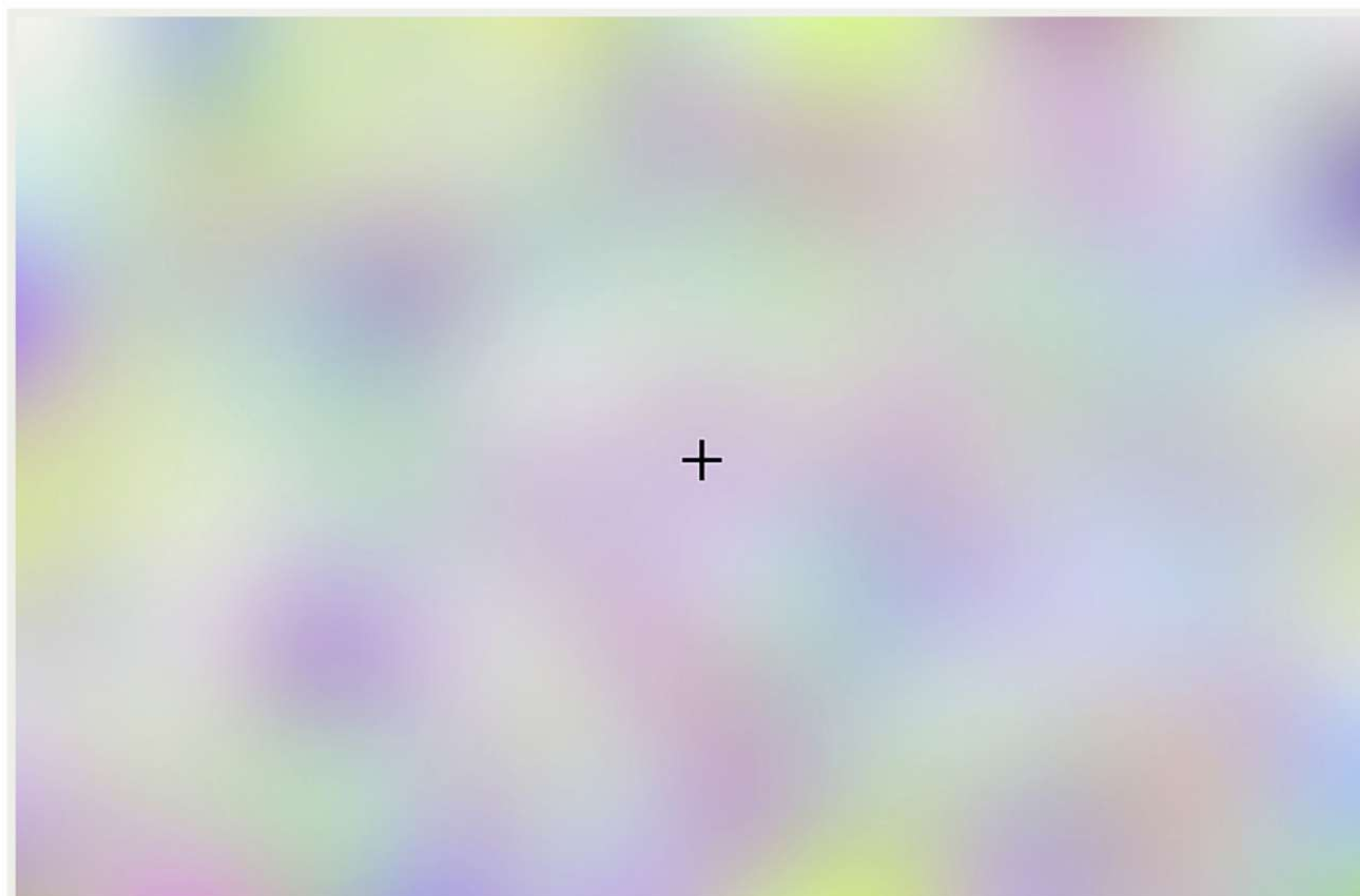
Le test de la focalisation

Si vous fixez le centre de l'image d'en haut, et qu'on la remplace d'un coup par celle en dessous, vous ne devriez pas vous en rendre compte ! Car l'image du bas, élaborée par une équipe de l'université de New York, montre ce que l'on perçoit : un monde flou, sauf au centre de notre attention, malgré des objets qui accrochent nos yeux. Ceux-ci bougent si vite que notre esprit nous donne l'illusion d'une perception parfaite.



Ce que l'on voit réellement

J. FREEMAN ET AL.



Le test de l'attention

Fixez sans bouger les yeux le centre de cette image pendant plusieurs secondes. Vous verrez alors les couleurs, tout d'un coup, s'effacer, et l'image devenir entièrement grise ! C'est l'effet Troxler. Découvert en 1804, il illustre le fonctionnement de notre perception : hors de l'attention, les signaux jugés non importants sont évacués de la mémoire de travail, et n'existent plus pour l'esprit.

DR - AKIYOSHI KITAOKA

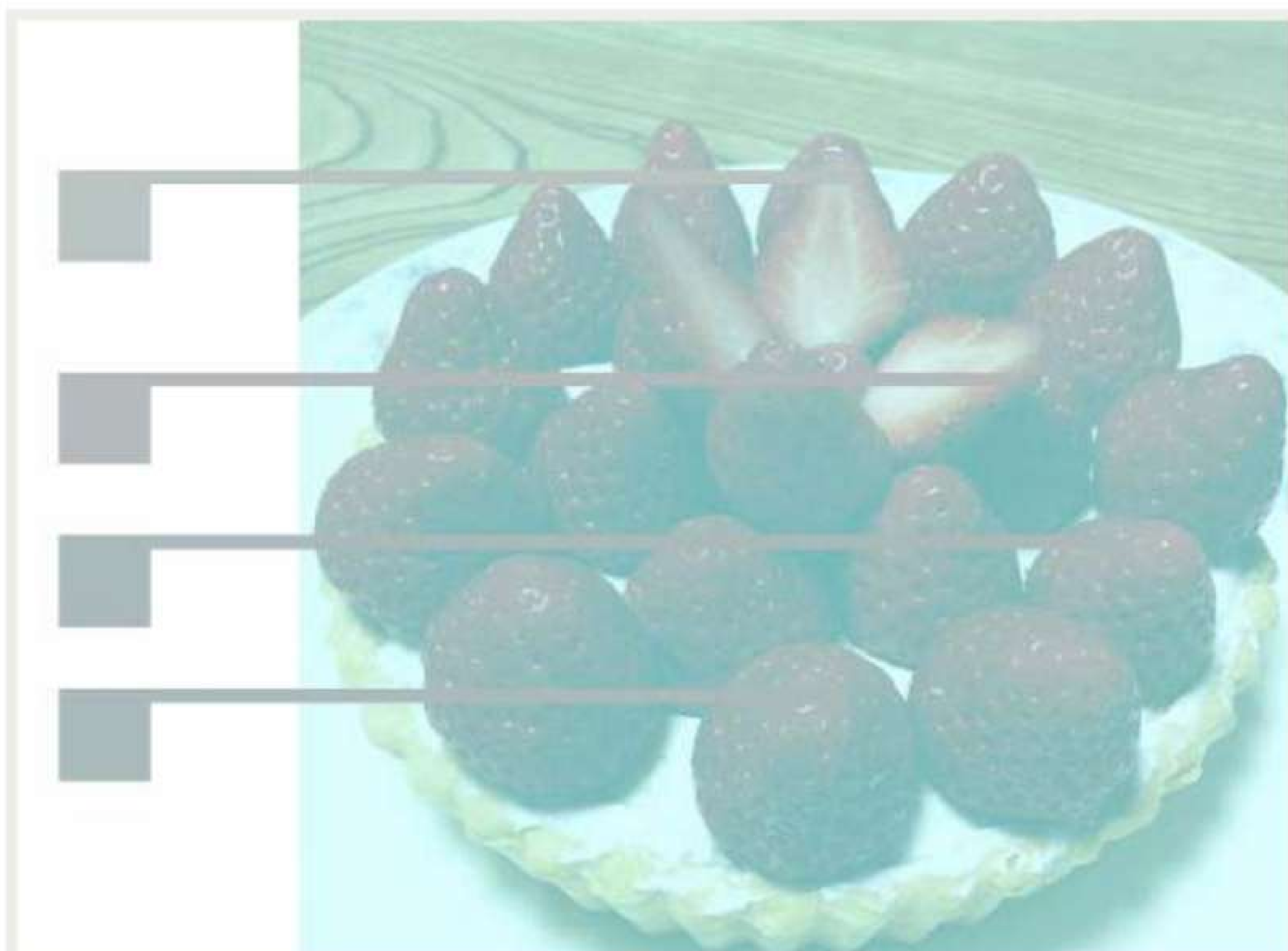
Mais alors, comment l'esprit nous renvoie-t-il le sentiment d'une perception si parfaite ? Pourquoi, par exemple, ne détectons-nous pas le flou, la fadeur des couleurs et l'absence de profondeur de tout ce qui n'est pas au centre de notre attention ? Pourquoi ne nous rendons-nous pas compte à quel point nous ne voyons finalement rien de ce qui nous échappe ?

L'ILLUSION D'UNE PERCEPTION PARFAITE

Explication de ce magistral tour de magie : notre attention a beau être limitée dans l'espace, elle reste beaucoup plus puissante, rapide et mouvante qu'on ne l'imagine. *"Nous bougeons les yeux bien plus souvent que nous le pensons, 3 fois par seconde en moyenne ; nous portons donc notre attention sur plein de choses différentes, mais pas en même temps"*, éclaire Michael Cohen. Et le décor de la scène a beau être flouté, grossier, il révèle quand même la disposition des objets d'intérêt sur lesquels notre attention vient se poser à grande vitesse. *"Notre cerveau extrait alors les détails de ces nouveaux objets si efficacement et avec une si grande vitesse que nous avons l'impression que notre esprit connaissait déjà ces détails, les avait analysés, et ce bien avant que notre attention se pose dessus*, révèle Ronald Rensink. *De là se crée l'illusion d'une perception parfaite."*

Et ce n'est pas tout ! *"Notre esprit travaille aussi en prédiction, en interprétation et en correction,* continue Ronald Rensink. *Il comble ses lacunes en termes de perception en anticipant et nous construit ainsi un monde cohérent, fondé sur ce qu'il connaît, ce qu'il a déjà vu."* D'où l'expression, d'ailleurs. C'est ainsi que les fraises grises de l'image en haut à droite nous paraissent rouges, alors que l'image ne contient pas du tout ce pigment !

Et, bien entendu, cela ne concerne pas que la vision : *"Les autres sens aussi semblent concernés par cette illusion de la globalité,* expose Michael



Le test de l'interprétation

De quelles couleurs sont ces fraises? Rouges? Faux! Il n'y a pas un seul pigment rouge dans cette image: elles sont complètement grises. Mais votre esprit, qui a compris que la lumière était bleue, a immédiatement "soustrait" le bleu du gris, qui devient rouge. Un réflexe renforcé par les milliers de fraises de nos souvenirs…

Cohen. *Le plus évident étant l'audition: la surdité de l'inattention, le fait de ne pas remarquer qu'un son change ou disparaît s'il n'est pas au centre de notre attention, existe aussi."*

Une tromperie de l'esprit qui s'étend aussi à notre imagination – les aires cérébrales qu'elle active sont à 90% les mêmes que la perception. Car si nous pensons que les scènes imaginées sont parfaites, que l'on peut construire par la seule force de notre esprit et en une seconde des paysages existants ou fantasmés, détaillés jusqu'au moindre brin d'herbe, il n'en est rien!

"Nous pouvons imaginer le squelette d'une image, mais elle n'a presque aucun détail: nous les ajoutons au fur et à mesure que nous y pensons, et si vite que nous avons l'impression qu'ils ont toujours été là", confirme le spécialiste du domaine Stephen Kosslyn (école Minerva, San Francisco). Pas étonnant que lorsqu'un livre est adapté en film, nous nous disions souvent à propos d'un personnage: "Je ne l'avais pas vu comme ça." En fait, nous n'avions rien vu du tout! Les visages imaginés en lisant sont beaucoup plus flous que ce que nous pensons – quelle est la forme du nez d'Emma Bovary?

C'est bien l'esprit, chaque fois, le fautif: à trop vouloir nous offrir un monde cohérent, il nous fait croire à une perception parfaite, une omnipotence sensorielle, une imagination profonde. *"L'évolution a sûrement dû favoriser cette illusion, fondée sur l'économie des données et l'interprétation massive"*, avance Michael Cohen.

Notre bêtise vient de loin. Et nous pouvons toujours essayer d'ouvrir les yeux plus grands, cela ne nous plongera que plus profondément dedans.

LES BÊTISES DE LA PERCEPTION

Cette illusion d'une perception parfaite et d'une imagination aux mille détails génère des comportements stupides.

LA BÊTISE DE SURCONFIANCE

Non seulement nous pensons voir beaucoup plus que ce que nous voyons en réalité… mais nous surestimons en plus nos capacités et nos connaissances! Plus encore, moins nous possédons de données, plus nous avons tendance à les interpréter, et plus nous croyons avec conviction en notre propre "expertise"…

LA BÊTISE DE SURFOCALISATION

Il est très utile, lorsque nous conduisons par exemple, de ne se focaliser que sur ce qui est important et d'ignorer tout signal sans intérêt. Revers de cette surfocalisation: c'est elle qui fait que l'on se cogne contre un poteau quand on est fixé sur l'écran de notre portable. Et elle peut même devenir incontrôlable en cas d'addiction (les anciens fumeurs voient par exemple des fumeurs partout) ou de problèmes d'anxiété.

LA BÊTISE DE SURINTERPRÉTATION

C'est elle qui est responsable des premières impressions, qui nous font, par exemple, juger de l'intelligence d'une personne sur la seule base de son physique… Cette interprétation insatiable est aussi la source de ce qu'on appelle les "paréidolies": un phénomène psychologique qui nous fait voir un visage dans un nuage, ou des engins spatiaux sur des hiéroglyphes plusieurs fois millénaires.

UNE THÉORIE DE LA BÊTISE AUX MULTIPLES RÉPERCUSSIONS



Si notre esprit est plat, *quid* de notre identité ? Et de l'inconscient ? Et les animaux : sont-ils aussi "bêtes" que nous ? Et l'intelligence artificielle ? On le voit, la théorie de Nick Chater bouleverse toutes les neurosciences… Tour d'horizon en 5 questions.

Sur quoi fonder désormais notre identité ?

Si le subconscient, avec son "moi intérieur" pétri de convictions, de caractère, de principes et de préférences n'existe pas, *quid* de notre identité ? Car celle-ci existe bien, non ? Ne sommes-nous pas tous différents ? Comment le Soi pourrait-il alors n'être qu'illusoire ? La théorie de l'esprit plat l'explique en fait très simplement : l'identité ne se construit que sur la mémoire, sur les expériences vécues dans un environnement particulier, unique pour tout un chacun. La bêtise, c'est de croire que cette identité est stable, immuable et enfouie : elle se réinvente à chaque instant.

Cette vision se marie parfaitement avec celle des spécialistes du domaine. *"Notre sensation d'identité ne fonctionne en effet que sur les souvenirs et l'instant présent,* appuie Giuliana Mazzoni, professeure de psychologie à l'université Sapienza, de Rome. *À tout moment, nous utilisons notre passé pour donner un sens à l'expérience présente. Et tout ce qui nous permet de simplifier et d'accélérer ce processus instantané et continu d'interprétation ou de décision est répété. Ces expériences passées couramment utilisées dans le comportement sont alors perçues comme des croyances."* Et voilà comment apparaissent les convictions, ou encore le caractère.

Mais l'échange se fait aussi dans l'autre sens. *"Au même moment, l'expérience présente modifie aussi notre mémoire",* continue Giuliana Mazzoni. Des études menées par la chercheuse et son équipe ont en effet montré que la mémoire était malléable, les souvenirs autobiographiques pouvant être manipulés par la suggestion et l'interprétation. D'autant qu'ils ne sont pas qu'un simple film qu'on se repasse dans la tête : c'est un système complexe mêlant autant les images que les émotions ou les envies de l'instant. Leur manipulation peut donc rester discrète, et même de faux souvenirs peuvent être intégrés et perçus comme "vrais". Ces modifications, qui se font sans que nous ne nous en rendions compte, sont influencées par les biais cognitifs : on se rappelle plus facilement des données qui vont dans le sens de

SHUTTERSTOCK - ILLUSTRATION Y.DIRAISON



notre pensée actuelle, par exemple. *"Bien sûr, ces modifications sont limitées. Mais c'est bien cette communication flexible entre notre mémoire et la situation actuelle qui crée ce sentiment de cohérence du Soi",* conclut la chercheuse.

Et c'est ce sentiment de cohérence qui nous donne l'impression que l'identité a toujours été là, constante, inaltérable, unique. Alors qu'elle n'est en fait qu'une succession ultrarapide de réinterprétations de soi-même. Elle n'existe pas en profondeur, mais s'élabore à chaque instant, comme toutes nos pensées.

Que reste-t-il de l'inconscient ?

Fini le Moi, le Sur-Moi, le Ça, les désirs refoulés et les souvenirs occultés, ces entités qui travaillent inlassablement depuis le fin fond de notre esprit censées gouverner dans l'ombre chacun de nos faits et gestes… La vision de l'inconscient, telle que les neuropsychanalystes l'ont développée (voir l'infographie page suivante), est totalement incompatible avec la théorie de l'esprit plat. Un coup fatal ?

"J'adhère totalement à ces propos sur la non-existence de l'inconscient en tant qu'entité immuable, tel qu'il est perçu en psychanalyse", abonde Jean-Marc Benhaiem, docteur en hypnose médicale. *"Je ne crois pas non plus qu'il y ait un inconscient au sens freudien ou jungien du terme"*, renchérit Giuliana Mazzoni.

Dans son livre *Le Nouvel Inconscient*, paru en 2006, le neuroscientifique français Lionel Naccache voyait Freud comme un Christophe Colomb qui, croyant arriver en Inde, a découvert les Amériques : en pensant découvrir l'inconscient, Freud a révélé complètement autre chose, ce besoin de s'interpréter à chaque instant, de s'inventer des histoires – toujours de la conscience, en somme.

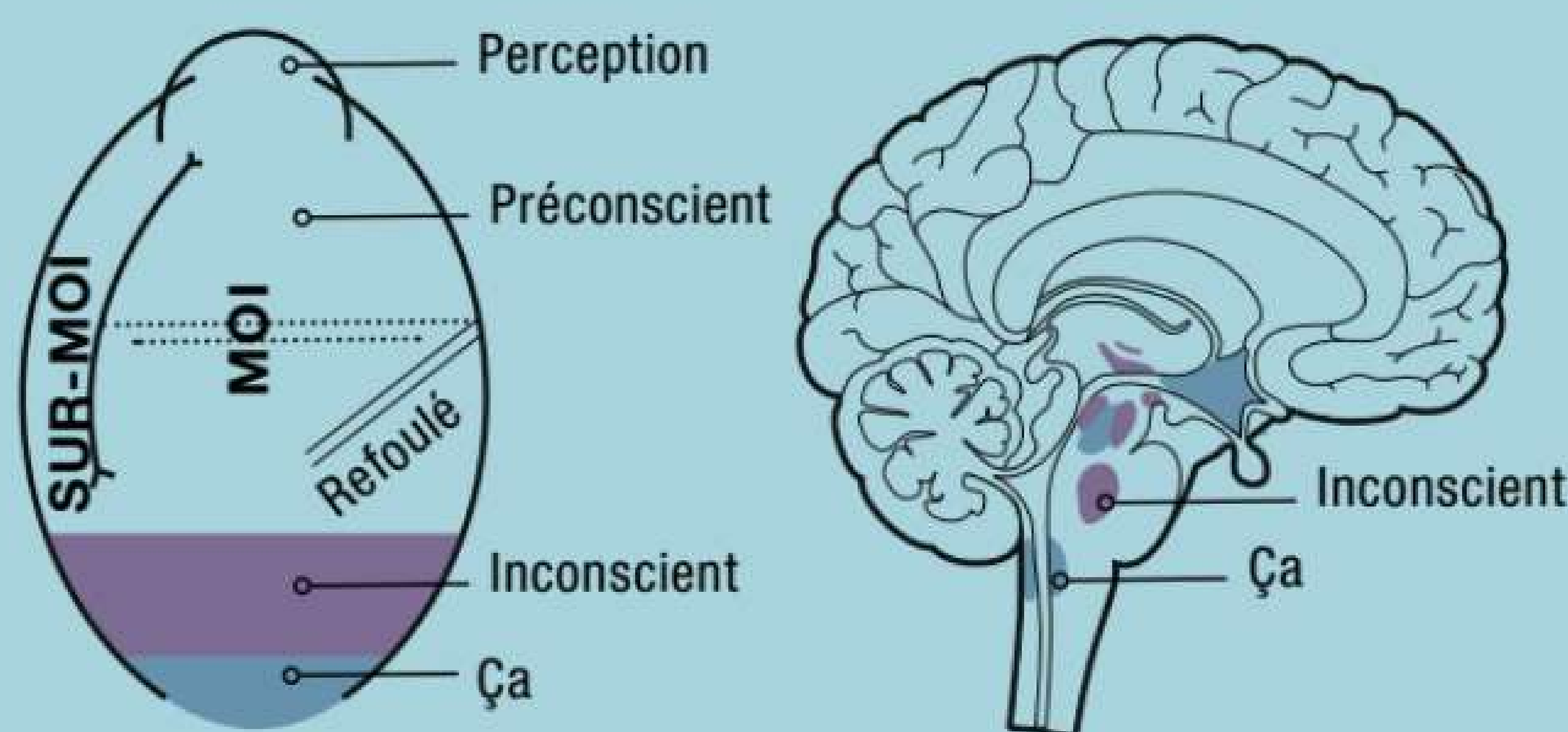
Et c'est en ce sens que Freud a eu un apport, par répercussion. *"C'est bien lui qui nous a poussés à nous intéresser à l'inconscient"*, révèle Jim Davies, professeur en sciences cognitives à l'université Carleton, au Canada. Pas celui que l'on s'invente et que l'on se raconte, non, mais l'autre, l'inconscient "cognitif", dont les neurosciences ont bien prouvé l'existence.

Car, bien sûr que notre cerveau travaille sans que nous en ayons conscience ! Il suffit de considérer les réflexes moteurs. Ou le système nerveux autonome, qui régule la digestion et la sudation. Ou simplement notre propension à interpréter instantanément tout ce qui tombe sous notre attention, que ce soit en →

perception ou en introspection (voir pages précédentes). Prenez un pot de confiture, comment savez-vous que c'est un pot de confiture ? L'incroyable remue-ménage neuronal à l'origine de ce simple constat conscient est inconscient.

La limite entre les deux est très floue. *"Il y a un continuum"*, confirme Jim Davies. Entre la première fois que nous faisons, tremblotants, du vélo, et des années de pratique plus tard, un nombre incroyable de données ayant trait à l'équilibre, par exemple, sont passées d'un état d'attention ultra-focalisée à une quasi-inconscience. Les rêves, comme état modifié (un peu diminué) de conscience, sont aussi entre les deux (voir *S&V* n° 1215).

Finalement, c'est donc plutôt la conscience qui en prend un coup avec cette nouvelle théorie : elle est reléguée à la seule interprétation de toutes les données inconscientes qui ont été retenues, qui ont gravi l'ultime marche ! L'inconscient, lui, est aujourd'hui plus riche que jamais. Sauf qu'il n'est pas fait de désirs profonds et de représentations pérennes. Il agit dans l'instant, s'avère complètement volatil et, qu'il atteigne ou non la conscience, disparaît très vite. Il est tout plat.



SOURCE : *NEUROPSYCHOANALYSIS*, 2013

Les neuropsychanalystes ont tenté de situer l'Inconscient et le Ça, tels que représentés par Freud (à g.), dans le cerveau humain (à dr.).

Et l'intelligence artificielle ?

Elle aussi est plate ! C'est l'échec des premières tentative d'IA qui a inspiré à Nick Chater sa théorie de l'esprit plat (interview p. 63). Les succès actuels vont aussi dans son sens. "Le deep learning *fonctionne sur l'acquisition d'un nombre faramineux de données et une faible capacité d'interprétation, tandis que nous faisons le contraire: nous interprétons énormément à partir de données très limitées.*" Même s'il est très différent du nôtre, leur esprit est donc aussi plat ! Et fera donc lui aussi des bêtises…

SHUTTERSTOCK - ILLUSTRATION Y.DIRAISON -B.BOURGEOIS



Les animaux ont-ils aussi l'esprit plat ?

"C'est certain !" s'exclame Nick Chater. Et après tout, le fonctionnement de l'esprit plat correspond bien à l'idée que l'on se fait d'un comportement animal. Mais quant à savoir si les animaux sont aussi trompés par leur esprit, s'ils sont "bêtes" au point de s'imaginer un subconscient, un "moi intérieur", bref un esprit profond là où il n'en est rien, c'est une autre affaire !

La science vient à peine d'accorder à certains une conscience. Alors un subconscient ? *"Les études n'en sont pas vraiment là"*, rigole Georges Chapouthier, neurobiologiste et directeur de recherche émérite au CNRS. Ce qui ne l'empêche pas de se prêter au jeu : *"Il y a toutes les raisons de penser que les oiseaux, et surtout les mammifères, ont une sorte de subconscient, avec le cortex qu'ils ont."*

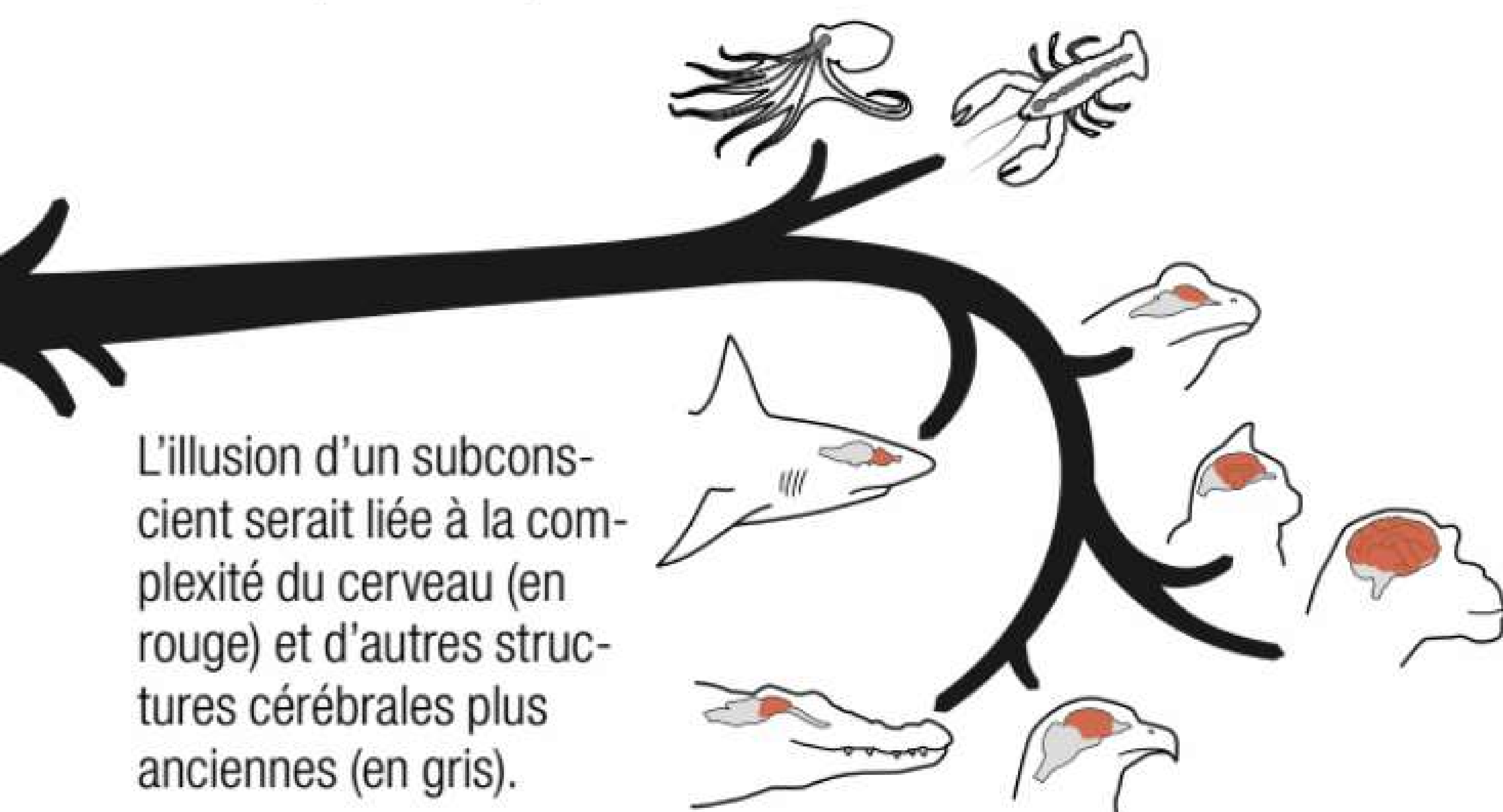
La conscience de soi et de son corps pourrait être un signe : il paraît nécessaire de s'admettre soi-même en tant que tel avant de s'inventer un "moi profond". Éléphants, dauphins, orques, corbeaux, pies, perroquets du Gabon et plusieurs grands singes ont passé le test du miroir (ils se reconnaîssent dans leur reflet). Un test critiqué depuis qu'un poisson, le labre nettoyeur, l'a réussi



au début de l'année, alors que les chiens, malgré leur néocortex, le ratent.

Certaines structures cérébrales seraient peut-être indispensables à la création du subconscient, comme les neurones dits "en fuseau", suspectés de jouer un rôle dans la conscience de soi et l'empathie, que l'on ne trouve que chez le dauphin, l'éléphant et les grands singes. *"On s'interprète soi-même de la même manière qu'on interprète les autres",* rappelle Nick Chater. Les chiens, extrêmement sensibles à nos émotions, pourraient donc aussi posséder un subconscient profond. Sans parler des grands singes, qui, on vient de le démontrer, comprennent ce que l'autre pense.

Une chose reste sûre: l'espèce qui fantasme le plus sa vie intérieure, qui est la plus trompée par son esprit, et qui est donc finalement la plus bête… c'est la nôtre!



L'illusion d'un subconscient serait liée à la complexité du cerveau (en rouge) et d'autres structures cérébrales plus anciennes (en gris).

Que deviennent les thérapies cognitives?

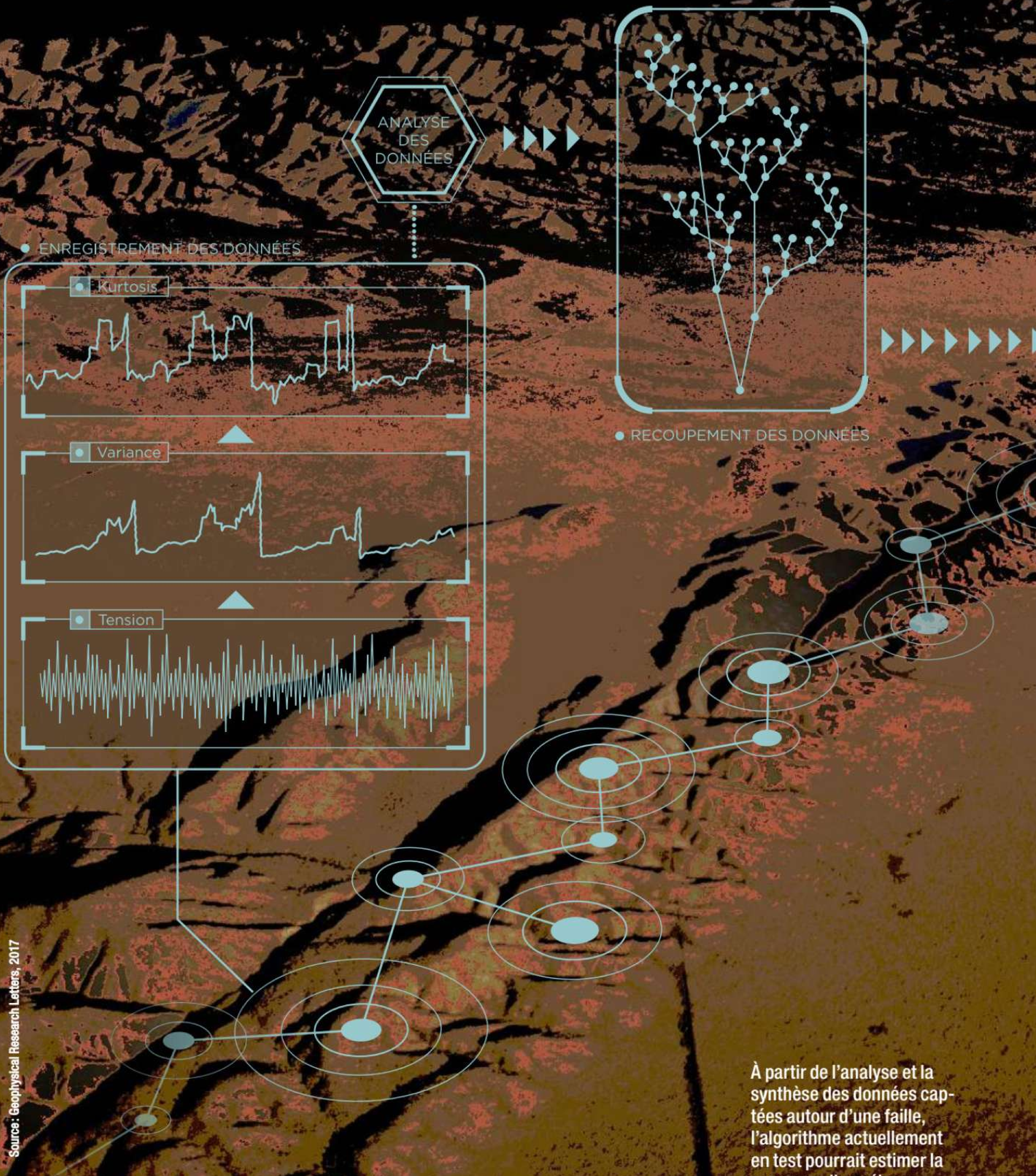
Qu'il est agréable, naturel même, d'entendre parler de nous, de lire un texte promettant de nous révéler notre personnalité! S'il y a bien une pratique dont la théorie de l'esprit plat peut expliquer l'incroyable succès, c'est l'astrologie. Cet esprit qui se réinterprète à chaque instant, quitte à manipuler ses propres ressources mémorielles pour les faire coïncider avec son état présent, est friand d'histoires sur lui-même!

Pourtant, pour Nick Chater, chantre de la théorie de l'esprit plat, toutes tentatives de recherche du "moi profond" serait *"aller dans la mauvaise direction, et se maintenir ainsi dans l'illusion"*. Par contre, les thérapies cognitives et comportementales, qui visent à analyser et réinterpréter certaines pensées et croyances pour, *in fine*, modifier un comportement problématique, semblent bien s'inscrire dans la lignée de sa théorie.

C'est aussi le cas de l'hypnose thérapeutique. Utilisée en complément d'une anesthésie, elle illustre bien cette caractéristique qu'a l'esprit de ne pas faire état de signaux pourtant majeurs, comme la douleur, tant que son attention est focalisée ailleurs. Et utilisée en traitement contre les addictions (cigarette), elle montre bien que nos envies, nos croyances ne sont qu'affaires d'histoires racontées et d'interprétations de chaque instant, qu'on peut modifier en s'ouvrant à la suggestion.

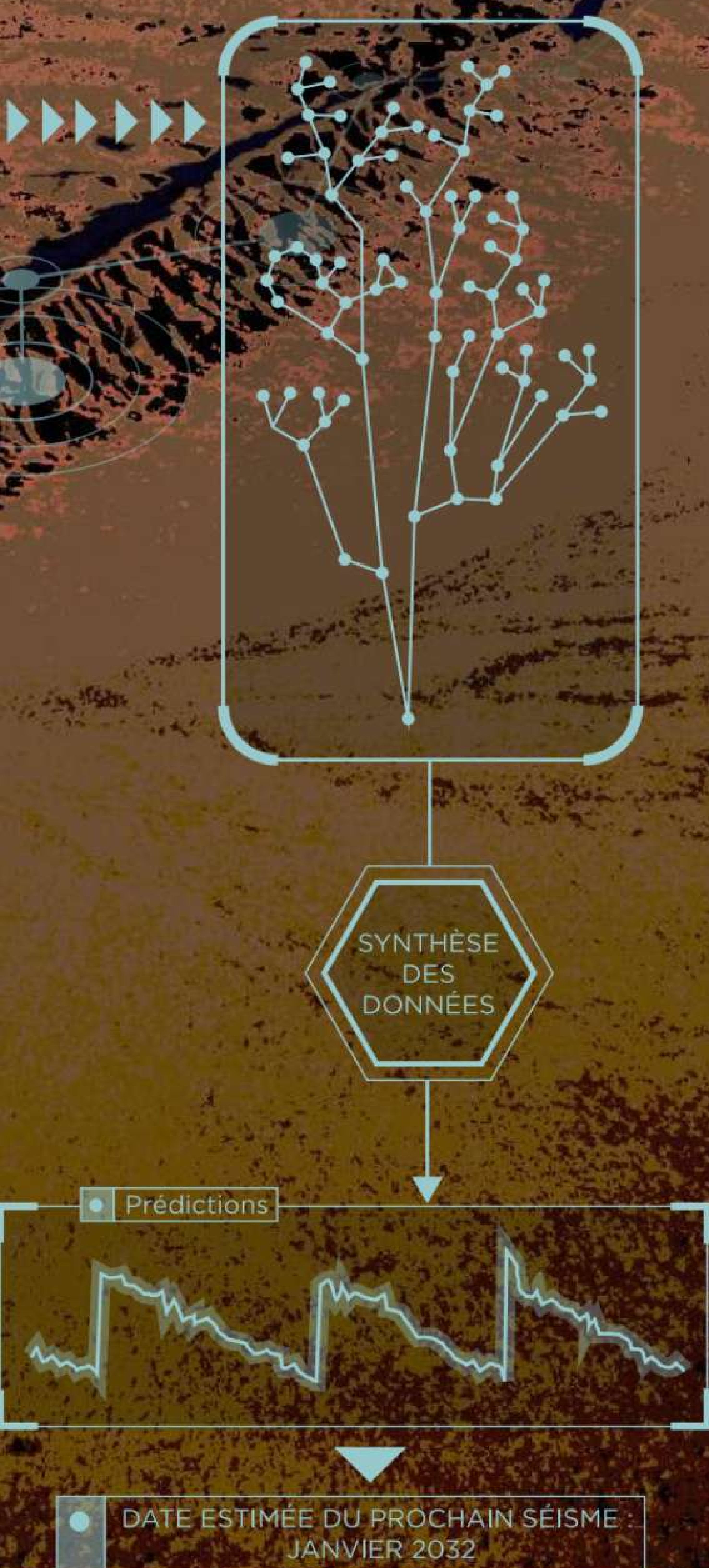
"Sous hypnose, les facultés supérieures sont désactivées, on arrête de se raconter des histoires", décrit Jean-Marc Benhaiem. Le mécanisme cérébral derrière ce phénomène a d'ailleurs été récemment découvert. L'attention se focalise sous l'effet de la connectivité accrue entre l'insula et le cortex préfrontal dorsolatéral, et la baisse de connexion entre ce dernier et le cortex cingulaire postérieur entraîne un détachement vis-à-vis de soi-même, une perte de l'esprit critique.

"Tout ceci fait que nous sommes plus à l'écoute de notre corps, de nos émotions, mais sans chercher à les interpréter, révèle l'expert. *C'est aussi ce qui se passe pendant la méditation en pleine conscience. En un mot, on devient plus bête, dans le sens simple."* On accepte enfin notre esprit tel qu'il est: d'une platitude parfaite!



Source: Geophysical Research Letters, 2017

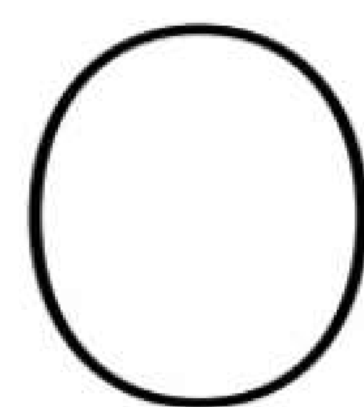
À partir de l'analyse et la synthèse des données captées autour d'une faille, l'algorithme actuellement en test pourrait estimer la survenue d'un séisme.



K.SCHAFER/GETTY IMAGES - B.BOURGEOIS

Séismes
L'IA redonne l'espoir de les prédire !

Identifier enfin les signes annonciateurs d'un séisme : les géophysiciens n'y croyaient plus. Jusqu'à ce qu'un laboratoire américain élabore un nouvel algorithme qui a isolé un… grincement. **Vincent Nouyrigat** lui a prêté l'oreille.


Où et quand aura lieu le prochain grand séisme meurtrier ? Cette question angoissante trotte en permanence dans la tête des géophysiciens du monde entier… Sans qu'aucun n'ose jamais apporter le moindre élément de réponse. L'idée même de "prévision sismique" reste un concept totalement sulfureux dans cette discipline, un vrai tabou : *"Jusqu'à présent, il était fortement déconseillé d'utiliser ce terme dans la présentation de son projet de recherche, sous peine de voir son financement refusé"*, confie Quentin Bletery, jeune spécialiste des méga-séismes à l'observatoire de la Côte d'Azur.

Prévision. Un mot interdit que la nouvelle génération de chercheurs et de doctorants →

commence pourtant à murmurer, avec l'arrivée d'un nouvel outil en géophysique: l'intelligence artificielle!

Les réticences des anciennes générations peuvent paraître exagérées. Seulement voilà, le problème posé par la prévision des tremblements de terre paraît tellement insoluble, tellement abominable, que la plupart des géophysiciens ne veulent plus en entendre parler. Tant de scientifiques ont cru sincèrement avoir décelé – a posteriori – les signes annonciateurs d'un séisme, avant de devoir déchanter dès la secousse suivante! Comportements animaux étranges (serpents, rats, chiens…), lueurs dans le ciel, émissions de radon, essaims de petits séismes, modification de la résistivité électrique des roches alentour, etc. Rien ne fonctionne vraiment. Aucune loi universelle n'émerge. Aucune régularité n'apparaît.

Repères

Dans le monde, 2,7 milliards de personnes habitent dans une région exposée à un risque de séisme de magnitude 5 et plus; 497 millions vivent sous la menace d'un "Big One" (7 et plus).

Les séismes semblent bien être des phénomènes hypersensibles à une infinité de paramètres physico-chimiques qu'il nous sera à tout jamais impossible de connaître avec une précision suffisante – à la différence de la météo, les scientifiques ne disposent ici que d'une vision très parcellaire de ces processus souterrains. Autrement dit: des phénomènes hautement chaotiques et imprévisibles. Désespérant…

Mais voilà que l'espoir renaît, avec l'aide de nouveaux algorithmes sophistiqués. Lesquels ont récemment démontré leur capacité à identifier des signaux faibles, jusqu'ici insoupçonnés, permettant par exemple de diagnostiquer une maladie rare ou de pronostiquer un risque de cancer. Alors pourquoi pas un séisme? Le scepticisme est immense, mais les premiers résultats sont là…

La première lueur d'espoir est venue, en 2017, des laboratoires de Los Alamos. L'équipe réalise alors une expérience classique de simulation de séisme sur une faille artificielle: trois blocs de métal qui compriment et cisaillent un amas de petits grains produisant, à peu près toutes les 10 secondes, de brusques décrochages analogues à des secousses telluriques. Les chercheurs décident d'analyser les signaux acoustiques émis par la faille expérimentale avec un algorithme de "forêt d'arbres décisionnels" préalablement entraîné. Stupeur: l'IA se montre capable de déterminer, avec une très bonne précision, le temps qu'il reste avant que ne se produise la rupture suivante – le séisme artificiel.

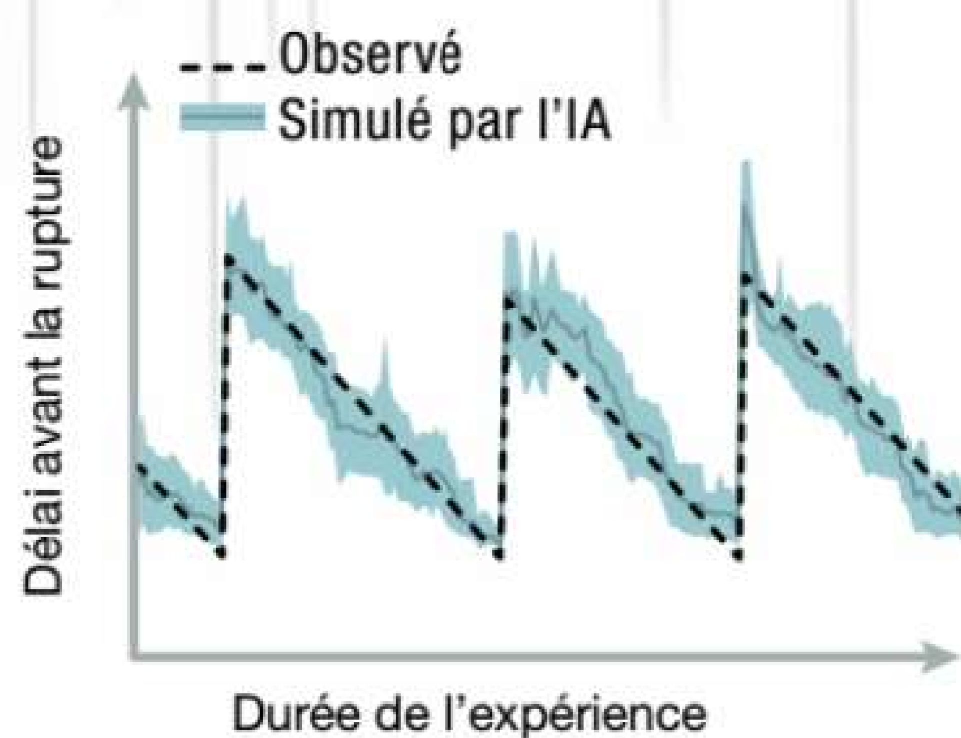
DES PETITS GRINCEMENTS

Miracle? Magie? *"En fait, la prévision de notre algorithme s'appuie sur les propriétés statistiques d'une partie du signal que l'on considérait jusqu'ici comme étant du bruit de fond!* lance Bertrand Rouet-Leduc, post-doctorant au laboratoire de Géophysique de Los Alamos. *Ce signal était là depuis des décennies et tout le monde était passé à côté."* En l'occurrence, il s'agit de petits grincements correspondant aux mouvements continus des grains, qui relâchent ainsi une partie de l'énergie élastique accumulée par la faille. Des bruits de très faible amplitude, certes, mais manifestement porteurs d'une information cruciale et inédite sur l'état physique de la faille à chaque instant. *"On a montré qu'une faille simple et isolée est en fait parfaitement prévisible: la physique, sur le principe, ne s'oppose pas à la prévision"*, s'enflamme le jeune géophysicien.

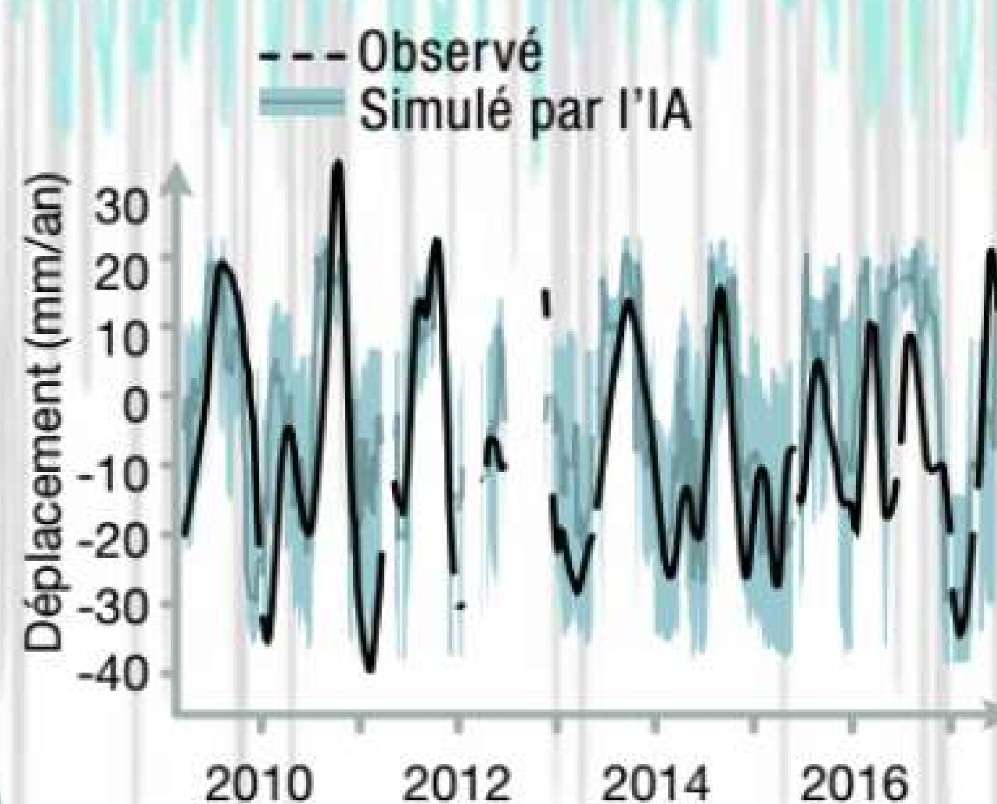
Les deux avancées

1 En laboratoire

Des chercheurs de Los Alamos ont soumis à une IA le bruit généré par une faille expérimentale simulant des séismes. Les propriétés statistiques de ce signal permettent de prévoir, à tout instant, le moment de la rupture à venir !



Source: Geophysical Research Letters, 2017



Source: B.Rouet-Leduc, 2018

2 Sur le terrain

Un algorithme a épluché 8 ans de signaux sismiques captés sur la faille de subduction des Cascades (océan Pacifique). Ce seul bruit lui permet de reproduire fidèlement les déplacements du sol constatés en surface.

"C'est très impressionnant et prometteur, approuve Alexandre Schubnel, du laboratoire de Géologie de l'École normale supérieure. *Le plus frappant, c'est que la prévision est bonne dès le début du cycle sismique, et non pas seulement lorsque le système se trouve en état mécanique critique, au bord de la rupture." "C'est assez bluffant, même si cela peut paraître un peu frustrant sur le plan intellectuel : il n'y a pas besoin de faire d'hypothèses physiques, pas besoin de tout comprendre, l'algorithme donne le résultat"*, souffle Quentin Bletery. Et puis, renchérit Bertrand Rouet-Leduc, *"le signal enregistré au laboratoire porte aussi une information sur la taille du séisme à venir"*.

Mais pas de quoi encore crier victoire… Comme s'empresse de le signaler Zacharie Duputel (Institut de physique du globe de Strasbourg, IPGS), *"il existe des différences fondamentales entre les séismes de laboratoire et ceux observés sur le terrain. Par exemple, les échelles de temps ne sont pas du tout les mêmes. De plus, une faille de laboratoire est isolée alors que les failles naturelles peuvent interagir entre elles de façon extrêmement difficile à anticiper"*. On pourrait aussi ajouter que la température, la géométrie de la faille ou la nature des matériaux diffèrent aussi totalement. Cette expérience de labo n'est qu'une analogie ultra-simpliste, et il en faut beaucoup plus pour convaincre la communauté.

Alors ? Alors les jeunes pionniers de Los Alamos se sont confrontés au réel, début 2019. Ils ont pointé leur IA vers les mesures prises sur la faille des Cascades, une zone de subduction située au large de la côte ouest du Canada. Sachant que cette faille un peu particulière se met à glisser lentement, tous les 13 mois environ, générant des déplacements mesurables par GPS. *"On ne savait vraiment pas à quoi s'attendre,* raconte Bertrand Rouet-Leduc. *Il se trouve que l'algorithme a détecté un signal qui nous renseigne en permanence sur l'état physique de la faille, permettant de prédire les déplacements enregistrés par les capteurs GPS au même moment…"*

Exactement comme en laboratoire, les caractéristiques statistiques de ces grondements – surtout la variance – donnent accès à la physique intime de la faille et à son →

Notre algorithme s'appuie sur un signal acoustique considéré jusqu'ici comme un bruit de fond



BERTRAND **ROUET-LEDUC**
Labo. de Géophysique de Los Alamos

M.KONTENTE - DR

comportement. *"Nous venons de tester le même algorithme sur une autre faille à glissement lent, au large du Japon, et nous obtenons le même résultat"*, poursuit le jeune scientifique français. Tout laisse donc à penser qu'il s'agit d'un phénomène universel…

De là à pouvoir prédire avec exactitude le prochain méga-séisme, *"il y a encore beaucoup de chemin,* reconnaît Bertrand Rouet-Leduc. *En l'état, cette information sur ces failles nous permettrait déjà de réévaluer le niveau de risque sismique d'une région : en effet, il y a aujourd'hui de forts soupçons que de nombreux séismes soient provoqués par ces glissements lents"*. Difficile, pour l'heure, de savoir ce que les autorités pourraient faire d'une telle estimation : imposer l'évacuation préventive d'une mégalopole ? Juste serrer les dents ? Tous les scientifiques ont encore à l'esprit le procès intenté à plusieurs sismologues italiens pour sous-évaluation du risque avant le tremblement de terre de L'Aquila, en avril 2009 (qui fit 309 morts).

Une chose est sûre : la révolution de l'intelligence artificielle est en marche chez les géophysiciens, qui croulent sous les données de réseaux de sismographes de plus en plus denses, de mesures GPS prises en continu autour des failles et même d'images satellite rendant compte des déformations du sol terrestre, etc. Autant de grondements et de grincements, jusqu'ici enfouis ou négligés, qui pourraient contenir des informations décisives révélées par l'IA.

Éruptions volcaniques : l'IA tout près du but

"Nous sommes capables de dire, quelques heures à l'avance, qu'une éruption peut potentiellement se produire! annonce Clément Hibert, de l'IPGS. *Cette prévision repose sur l'identification d'événements sismiques associés typiquement à la remontée du magma vers la surface. Et nous avons déjà installé un dispositif de traitement automatique au piton de la Fournaise, à La Réunion."* D'autres équipes misent plutôt sur des algorithmes d'IA capables de détecter automatiquement, à partir des données satellite radar, de subtiles déformations du sol annonciatrices d'éruption. Une promesse séduisante quand on songe aux 1 511 volcans actifs de la planète, dont très peu sont surveillés.

UNE NOUVELLE VISION DU SOUS-SOL

"Ces algorithmes sont de formidables outils pour nous dire ce qu'il est judicieux de regarder dans ce système dynamique complexe, je suis vraiment optimiste", lance Brendan Meade, chercheur à Harvard et chez Google, qui tente de prédire avec l'IA les répliques de séismes. *"Le sujet explose littéralement depuis un an ou deux"*, observe Quentin Bletery. Tout ce qui était considéré comme du vulgaire bruit de fond est désormais réanalysé par les algorithmes, les scientifiques repassent aussi au crible les données des anciens séismes… Des IA sont d'ores et déjà employées pour l'identification et la localisation en temps réel des tremblements de terre – une tâche très chronophage réalisée jusqu'ici surtout par l'humain. *"Ces méthodes semblent redoutablement efficaces pour compléter nos catalogues et détecter certaines structures qui ne sont pas facilement identifiables"*, approuve Zacharie Duputel.

L'activité souterraine de notre planète apparaît tout d'un coup sous un jour nouveau ; en épluchant les données de la Californie du Sud, entre 2010 et 2017, une équipe américaine a ainsi constaté que son algorithme identifiait 1,8 million d'événements sismiques… contre les 180 000 figurant au catalogue officiel. *"Cette reconnaissance automatisée des sources sismiques pourrait aussi nous permettre de prévoir les glissements de terrain, les détachements d'iceberg et, surtout, les éruptions volcaniques"*, glisse Clément Hibert, physicien à l'IPGS.

Après avoir semé la révolution dans les jeux de stratégie, la mobilité, la médecine, la justice, l'énergie, la guerre, l'art… l'intelligence artificielle s'attaque peut-être au défi le plus ambitieux : maîtriser les colères de la Terre.



EN SAVOIR PLUS *

À consulter : le très didactique http://www.planseisme.fr/

science-et-vie.com

N° 187 JUILLET 2019 PARUTION 5/8

MONDADORI FRANCE

LES CAHIERS SCIENCE & VIE

HISTOIRE ET CIVILISATIONS

• Préhistoire : comment l'Europe s'est peuplée
• Persécutions et exils religieux au Moyen Âge
• Les grandes crises migratoires du XXe siècle

MIGRATIONS
COMMENT ELLES ONT CONSTRUIT L'OCCIDENT

TATOUAGE UNE MODE QUI REVIENT DE LOIN

Pratiqué depuis le Néolithique, le tatouage revient au goût du jour. Et il a beaucoup changé.



LES **SURVIVANTS** DU VÉSUVE

À Pompéi, il y eut des milliers de morts, mais encore plus de rescapés !

TANIS LA CAPITALE OUBLIÉE



L'ancienne cité des pharaons révèle ses fabuleux secrets.

En vente actuellement
chez votre marchand de journaux ou en ligne sur


KIOSQUE mag Disponible sur KiosqueMag.com

ASTÉROÏDES RYUGU ET BENNU

LA DÉCOUVERTE D'UN NOUVEAU MONDE

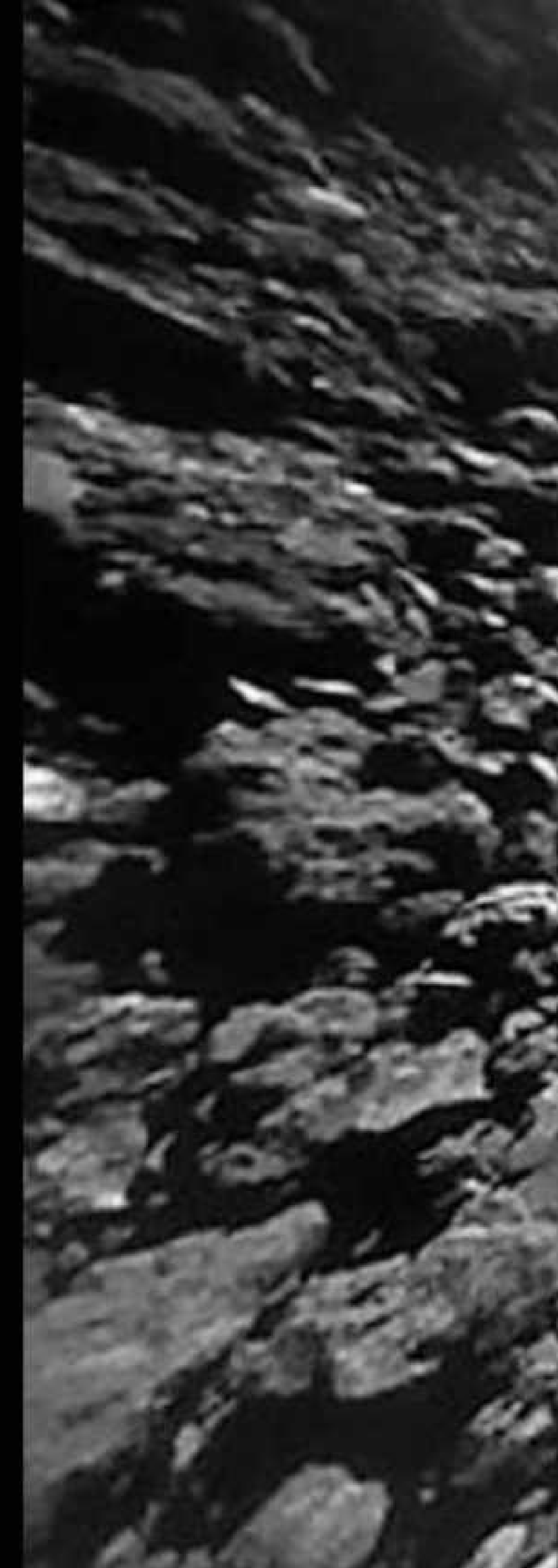
À la fin de l'année dernière, deux sondes spatiales, l'une japonaise, l'autre américaine, sont arrivées à leur destination à des centaines de millions de kilomètres de la Terre. Hayabusa2 a dévoilé les cailloux noirs de l'astéroïde Ryugu. Osiris-Rex, les roches de l'astéroïde Bennu. Pour la première fois, ces mondes primitifs, intacts depuis l'origine du Système solaire, ont été filmés, analysés, et même touchés ! En attendant le retour des deux sondes sur Terre en 2020 et 2023, les réservoirs pleins d'échantillons, **Mathilde Fontez** revient sur la découverte de ce nouveau monde, guidée par Patrick Michel, astrophysicien (CNRS) à l'Observatoire de la Côte d'Azur et membre des deux missions.

NASA/GODDARD/UNIVERSITY OF ARIZONA/LOCKHEED MARTIN



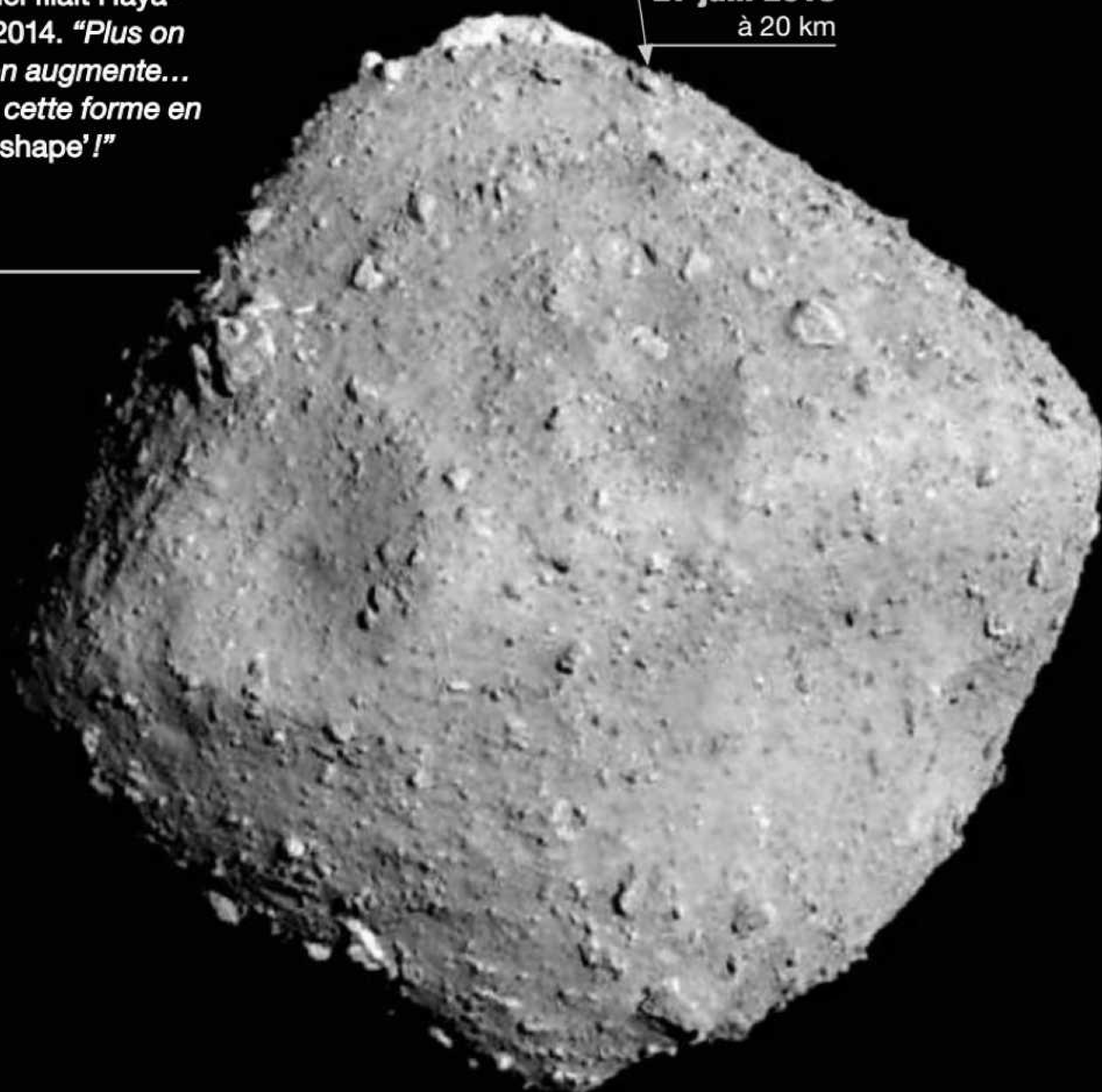
< L'astéroïde Bennu (490 m de largeur), photographié par la Sonde Osiris-Rex à une distance de 690 m.





27 juin 2018
Ryugu est une toupie...

C'est d'abord sa forme qui a surpris tout le monde. "Top shape*!*" a lancé Patrick Michel par e-mail à ses collègues, dès qu'il a vu les images encore pixellisées envoyées par la sonde Hayabusa2, alors qu'elle était encore à 920 km de sa cible, l'astéroïde Ryugu. Hormis sa taille approximative (autour de 900 m) et sa localisation (à 290 millions de kilomètres de la Terre, juste avant l'orbite de Mars), on ne savait pas grand-chose de ce petit corps céleste vers lequel filait Hayabusa2 depuis son envol en 2014. *"Plus on s'approche, plus la résolution augmente… Et tout à coup, on découvre cette forme en toupie : en anglais, une* 'top shape' *!"*







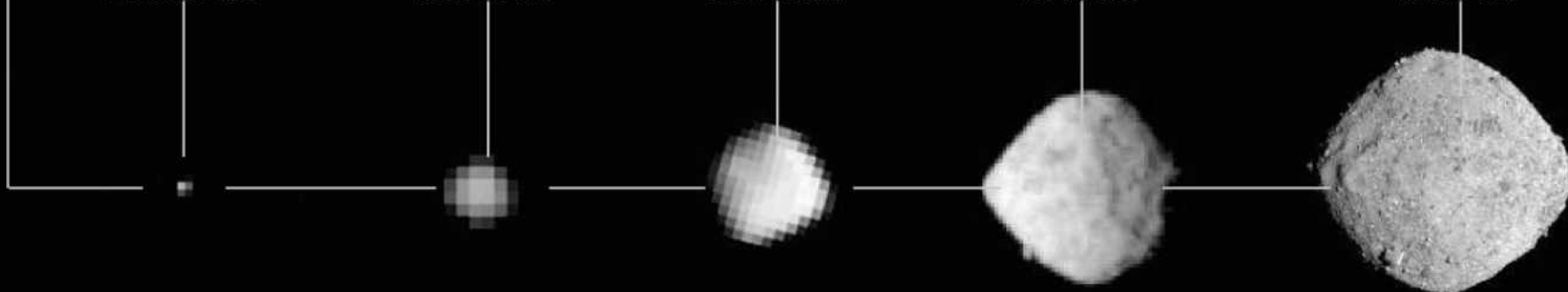
JAXA/UNIV. OF TOKYO/KOCHI UNIV./RIKKYO UNIV./NAGOYA UNIV./CHIBA INST. OF TECHNOLOGY, MEIJI UNIV./AIZU UNIV./AIST

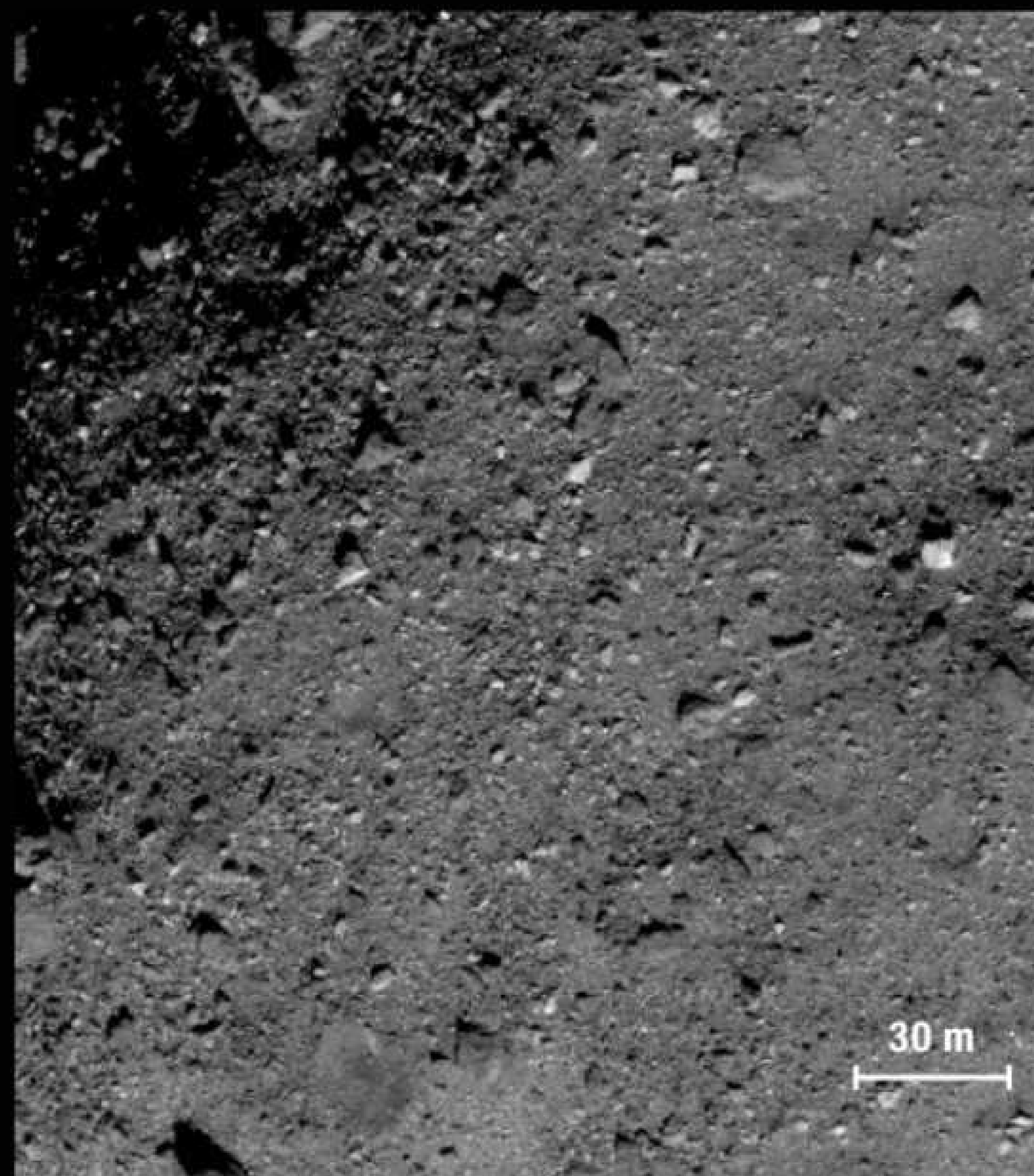
3 octobre 2018
... et sa surface est particulièrement accidentée !

"C'est un plaisir immense de voir ces images. Je les attendais depuis plus de vingt ans !" s'exclame Patrick Michel. Car Ryugu est le premier astéroïde carboné à être exploré par une sonde. Pour la première fois, les astrophysiciens découvrent les images détaillées de l'un des corps les plus primitifs qui soit dans le Système solaire – dont le corps progéniteur s'est probablement formé au-delà de Jupiter, dans le froid et l'obscurité. *"La matière des astéroïdes qui ont été étudiés jusque-là a été plus altérée par la chaleur du Soleil,* explique Patrick Michel. *Les astéroïdes carbonés, eux, sont restés intacts. Ce sont des échantillons de la matière première qui a formé les planètes, il y a 4,5 milliards d'années."* Comment les collisions ont structuré le Système solaire à sa naissance ? Comment se sont agglomérées les planètes ? Comment les ingrédients de la vie, l'eau et la matière organique, ont-ils été déposés à la surface de la Terre ? En octobre 2018, c'est avec ces questions en tête que les membres de la mission Hayabusa2 scrutent les premières images de la surface de Ryugu : pas de poussière, pas de sable, peu de cratères… que des cailloux. De toutes tailles et de toutes formes. La sonde Hayabusa 2 vient de poser trois modules à la surface de l'astéroïde, qui dévoilent sa surface accidentée et incroyablement noire. *"Ryugu est sans doute l'un des objets les plus noirs du Système solaire ! Ce qui a posé problème pour le guidage des modules : le Lidar n'était pas assez réfléchissant…"* Les analyses commencent, montrant un fatras de rochers répartis de façon homogène, à la densité très faible. Ryugu est constitué à 50 % de vide ! En témoignent, d'ailleurs, cinq cratères de plus de 20 m, énormes comparés à sa taille. *"C'est un tas de gravats,* conclut Patrick Michel. *Les roches semblent s'être agglomérées de manière aléatoire…"*

2 décembre 2018
Bennu révèle la même structure...

Alors qu'à Tokyo, l'équipe d'Hayabusa2 poursuit l'exploration de Ryugu, Osiris-Rex arrive enfin en vue de son objectif, un autre astéroïde carboné nommé Bennu, qui orbite lui aussi juste avant Mars. Et les premières images qui arrivent au centre de contrôle de la Nasa ont un air de déjà-vu pour Patrick Michel. Bennu est deux fois plus petit que Ryugu, mais il a exactement la même forme! *"Même forme, mais aussi même couleur de surface, même abondance de rochers, même densité!"* Les deux corps sont-ils nés de la même manière? Ont-ils subi les mêmes péripéties depuis leur formation? *"Il doit y avoir un processus systématique qui aboutit à cette structure"*, conclut l'astrophysicien. Peut-être avaient-ils un compagnon par le passé? Cette forme de toupie semble en effet commune pour les corps centraux des astéroïdes doubles *"Elle pourrait être liée à un effet thermique qui accélère la rotation des corps sur eux-mêmes: la matière descend vers l'équateur, formant un bourrelet équatorial, ce qui leur donne cette forme de toupie... et si cette matière s'échappe du corps, cela peut former un satellite."*



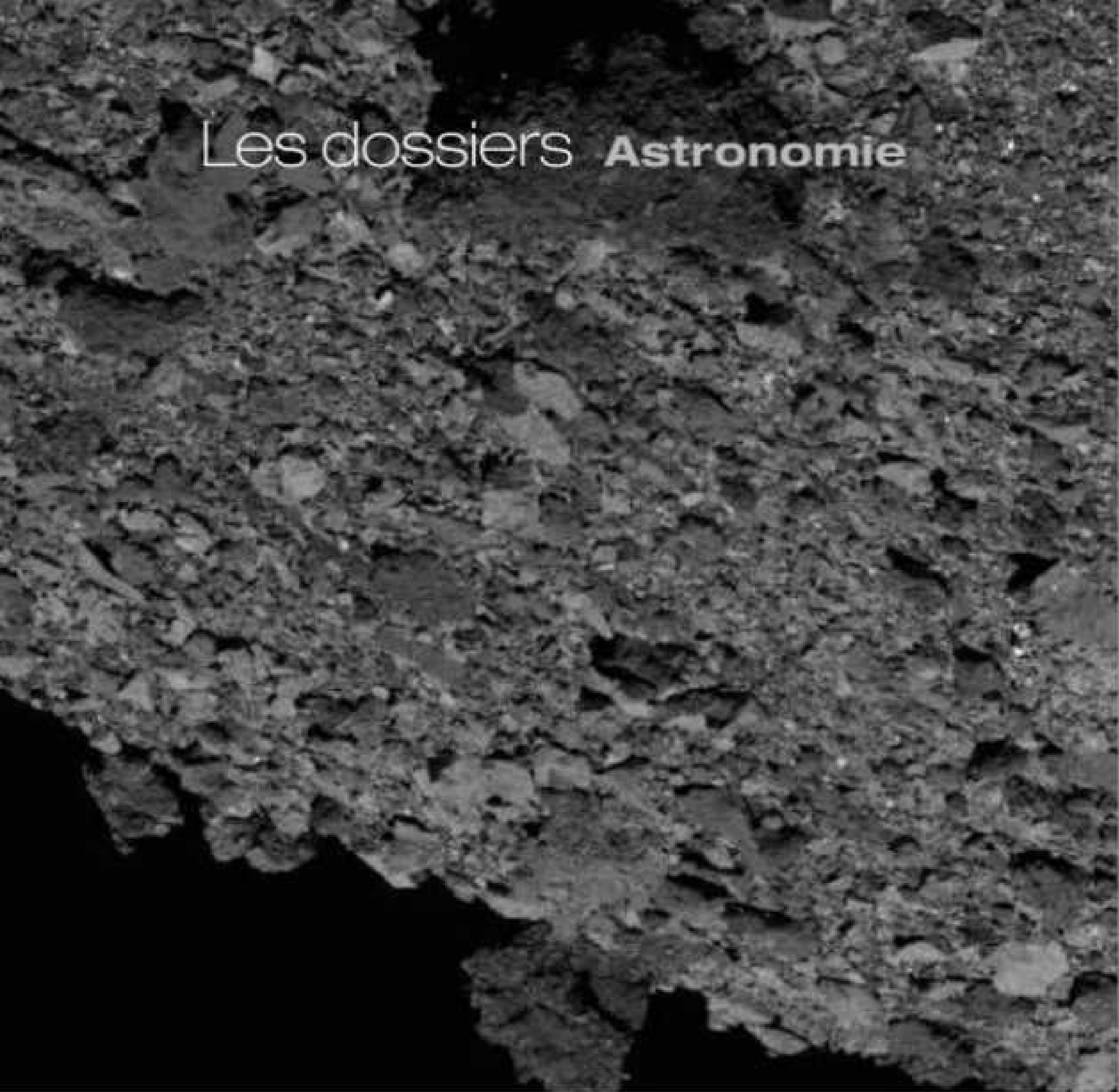


NASA/GODDARD/UNIVERSITY OF ARIZONA

10 décembre 2018
... mais il contient de l'eau!

L'équipe d'Osiris-Rex procède à l'analyse spectrale de son astéroïde et, contrairement à celle d'Hayabusa2, qui a vite établi que Ryugu n'est que légèrement hydraté, elle trouve ce qu'elle cherche: de l'eau! Bennu est bien plus riche en minéraux hydratés, ce qui suggère qu'il s'agit bien d'une relique formée aux confins du Système solaire. *"On l'espérait,* explique Patrick Michel. *On pense que ce sont des astéroïdes comme celui-ci qui ont amené l'eau sur notre planète, peu après sa formation."*

2 déc. 2018
à 24 km









31 décembre 2018
Les cailloux de Bennu au centimètre près

C'est une première autour d'un si petit corps. Alors qu'Hayabusa2 demeure sagement 20 km derrière Ryugu, Osiris-Rex, elle, plonge vers son astéroïde et se met en orbite. Elle peut ainsi scruter sa surface depuis une altitude de seulement 1,6 km, et dévoiler tous ses détails (avec une incroyable résolution de 5 cm). Surprise, là encore : comme Ryugu, Bennu est un amoncellement de roches de toutes tailles et de lithologies diverses. *"Cela ressemble à un chemin de montagne sur Terre,* observe Patrick Michel. *Certaines roches semblent poreuses et fragiles, d'autres sont plus angulaires et striées de fractures."* Les scientifiques de la mission étudient la distribution des roches, comptent les cratères, et reprennent les simulations pour tenter d'interpréter cet étonnant paysage. Les impacts de météorite, la fatigue thermique, ont-ils pu créer une telle surface ? Ou bien Bennu est né comme ça, de l'accumulation des débris de deux corps aux compositions différentes ? *"Cette structure en agrégat est cohérente avec la densité très faible. Mais on a du mal à comprendre pourquoi la répartition des rochers est si homogène. Les impacts, les changements de rotation et autres processus auraient dû produire bien plus de ségrégation et de différences d'une région à l'autre."*

NASA/GODDARD/UNIVERSITY OF ARIZONA - JAXA









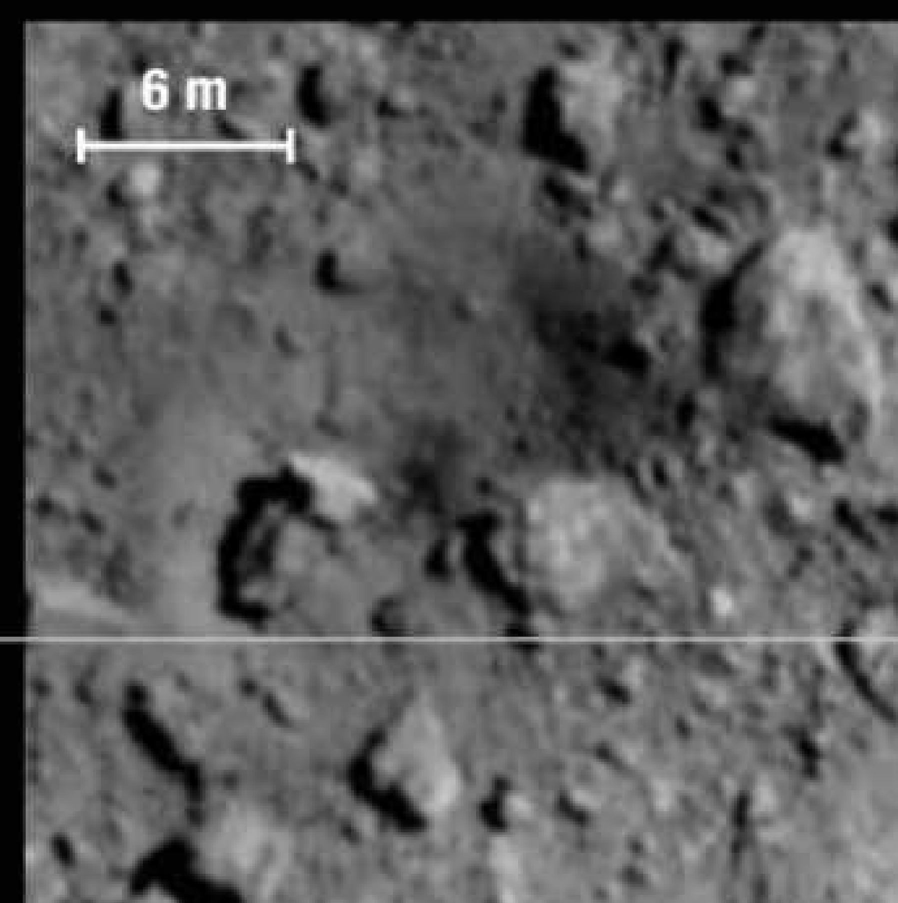
21 février 2019

Récolte d'échantillons réussie sur Ryugu !

C'était mal engagé. Déjà, sur le papier, l'opération était délicate : il s'agissait de faire descendre la sonde Hayabusa2 à 70 cm de la surface de l'astéroïde, afin qu'elle tire un projectile à 1 000 km/h et collecte, dans un petit cornet, une partie de la poussière soulevée. *"Sauf que nous ne nous attendions pas à une surface si accidentée,* explique Patrick Michel. *La précision prévue à l'atterrissage était de 100 m, or la seule zone praticable que nous avons trouvée ne faisait que 6 m de largeur!"* Aussi, en août, l'équipe d'Hayabusa2 avait-elle consulté le chef de la mission Hayabusa1, qui avait réussi à rapporter un échantillon d'astéroïde après maintes péripéties en 2010. Son avis fut sans appel : impossible d'atterrir ! Il fallait tout revoir. Dans la foulée, la récolte d'échantillons était reportée, les ingénieurs de vol de nouveau à la tâche. Autant dire que, ce 21 février au matin, dans la salle de contrôle, à Tokyo, l'ambiance est tendue. Et voilà qu'un nouvel imprévu surgit. *"On s'est rendu compte qu'il y avait un décalage entre la position supposée de la sonde et celle donnée par le logiciel de navigation. Les ingénieurs ont dû tout reprogrammer en direct."* Ce n'est qu'à 7 h 29 heure japonaise, le 22 février, que l'explosion de joie retentit enfin. *"Nous avons reçu des données parfaites de la sonde : elle était bien descendue, le projectile avait été tiré, mais on n'en savait pas plus."* Il faudra attendre 8 heures pour que les images donnent le verdict. Succès total. Il y a tellement de poussières éjectées qu'il est certain qu'Hayabusa2 a bien collecté des échantillons. *"Je suis prêt à parier qu'on a plus de 100 mg de matière!"* jubile Patrick Michel.

19 mars 2019
Bennu éjecte des flots de particules

Bennu est actif! *"Il vit sous nos yeux!"* Des flots de particules s'échappent de l'astéroïde! C'est sur cette image, envoyée en janvier par Osiris-Rex, que les membres de la mission, alors réunis à Tucson, s'en sont rendu compte. *"La découverte était tellement énorme qu'on l'a d'abord gardée secrète, le temps de vérifier que c'était bien réel"*, raconte Patrick Michel. Mais d'autres images sont vite arrivées, prouvant le phénomène. Bennu éjecte une partie de sa matière, et brouille encore plus la frontière déjà ténue entre comète et astéroïde. *"Il faut revoir notre vision de ces deux populations d'astres: les astéroïdes les plus primitifs, comme ceux à l'origine de Bennu, sont eux aussi riches en minéraux hydratés, et probablement formés dans le Système solaire externe. Il y a donc une sorte de continuum entre les deux populations."*



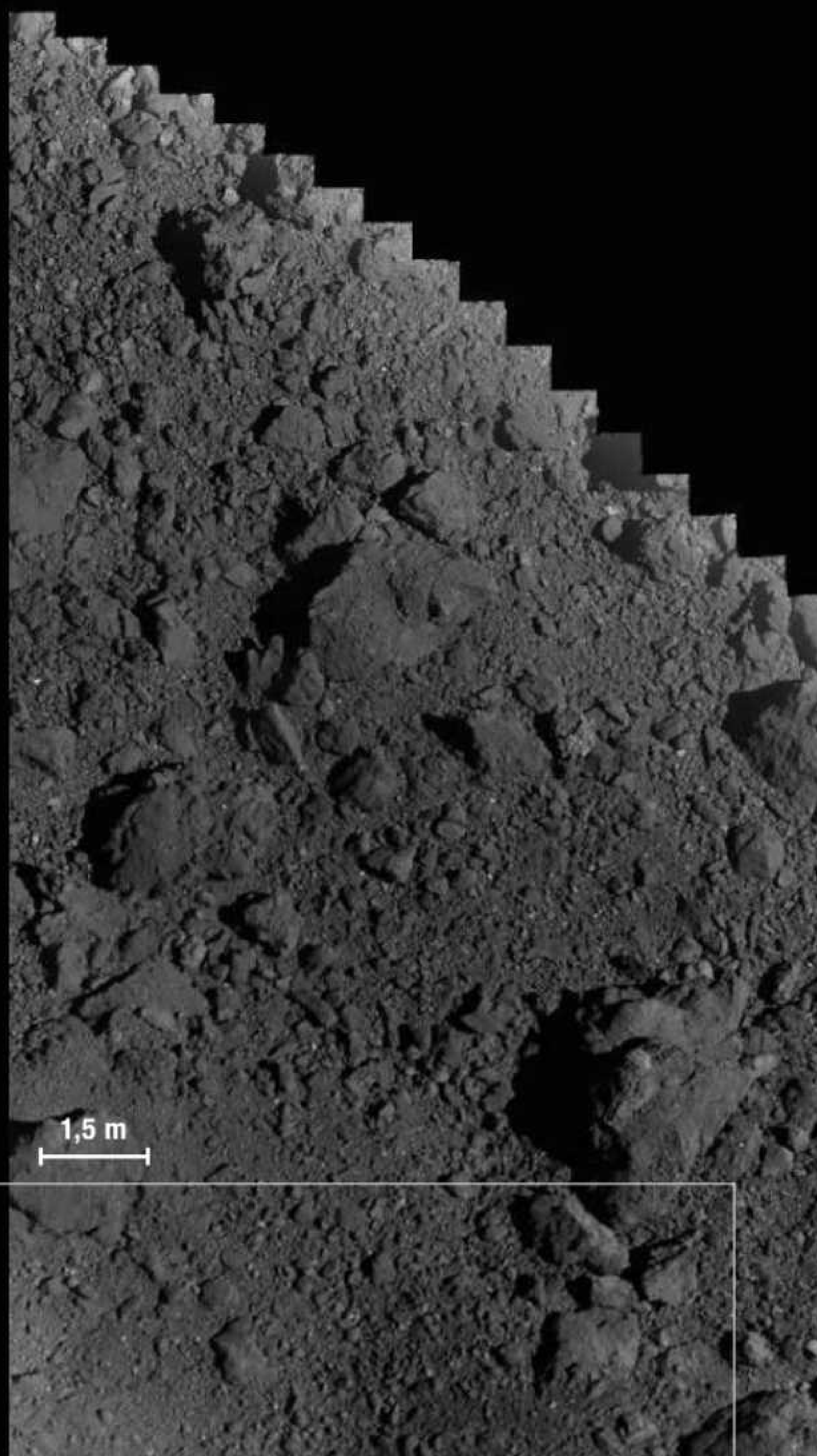
5 avril 2019
Impact réussi sur Ryugu!

Cette fois, tout s'est passé comme prévu. Hayabusa2 a largué son projectile explosif avant d'aller se mettre à l'abri de l'autre côté de Ryugu, ayant pris soin de laisser derrière elle une caméra. À 11 h36, la charge a explosé, propulsant le projectile à 7000 km/h vers le sol de l'astéroïde… *"Il nous a fallu attendre quatre heures pour avoir les premières images nous montrant un jet de matière sortant de la surface,* raconte Patrick Michel. *L'équipe a sauté de joie, tout Tokyo a dû nous entendre!"* Quelques semaines plus tard, sont arrivées les images du cratère… beaucoup plus grand qu'attendu. *"Nos calculs prédisaient un diamètre de 2 à 3 m. Il fait plus de 10 m!"* Que peut-on en déduire sur la structure et la composition de l'astéroïde? *"Avec nos simulations, nous avons trouvé une façon de le faire, mais cela ne marche que si la surface se compose comme du sable… Alors qu'il y a toutes ces roches! Pour l'instant, c'est incompréhensible."*

NASA/GODDARD/UNIVERSITY OF ARIZONA - JAXA

10 juin 2019
À la recherche d'un site d'atterrissage sur Bennu

"On navigue au-dessus de Bennu comme avec un drone!" s'exclame Patrick Michel. La sonde Osiris-Rex est descendue progressivement sur son orbite autour de l'astéroïde, jusqu'à une altitude de seulement 680 m. Objectif: étudier la surface pour trouver un site de récolte. Car, à l'été 2020, la sonde devra s'approcher délicatement de Bennu, pour mettre un gros cylindre en contact avec sa surface qui soufflera de l'azote et capturera jusqu'à 2 kg de roche. Mais, comme sur Ryugu, trouver le site idéal s'avère très compliqué. *"C'est trop accidenté! À chaque fois on a un rocher qui nous gêne. Sans compter qu'Osiris-Rex ne peut pas ingérer des particules de plus de 3 cm. Or, aujourd'hui, sa résolution est de 5 cm."* Pour l'instant, 16 sites ont été sélectionnés. Il s'agit de réduire leur nombre à 4 avant de réaliser des exercices de prélèvement.



11 juillet 2019
Dernière péripétie sur Ryugu

Cela a été décidé fin juin, après un vif débat. Certains membres de l'équipe Hayabusa2 appelaient à annuler la deuxième récolte d'échantillons. *"Le voyage de retour, on sait faire. On l'a déjà fait. Mais s'approcher et toucher, c'est toujours un risque. Nous évoluons dans un monde totalement inconnu"*, rappelle Patrick Michel, qui était l'un des partisans de la prudence. Mais les Japonais ont finalement décidé de prendre le risque, et de tenter une deuxième récolte le 11 juillet. La sonde ne se posera pas au hasard: elle visera une petite zone à 20 m au nord du cratère produit par l'impact du 5 avril. Ensuite, si tout va bien, elle quittera Ryugu en décembre et reviendra sur Terre en 2020. Osiris-Rex, lui, se détournera de Bennu en mars 2021, pour un retour prévu en 2023. Tous deux chargés, tous l'espèrent, de minéraux hydratés, de molécules organiques… bref, d'ingrédients de vie dont les caractéristiques pourront, enfin, être analysées.

Projet Magma
Le premier surfeur des airs



Voici le premier aéronef qui vole en déformant la circulation de l'air autour de lui grâce à des jets de gaz, sans aucune gouverne mécanique ! **Étienne Thierry-Aymé** nous raconte l'exploit.

En avril dernier, sur le petit aéroport de Llanbedr Airfield, dans le nord-ouest du Pays-de-Galles, a eu lieu un vol d'un nouveau genre.Pour la première fois, un aéronef a réussi à se diriger dans les airs comme un planeur, oui, mais sans aucune pièce mobile pour le gouverner ! À la vitesse d'un peu moins de 150 km/h, *Magma*, un drone sans pilote, de 4 m d'envergure et de 50 kg, a réussi à monter, à descendre, à tourner, et sans recourir à la moindre gouverne sur les ailes ou sur l'empennage ! Tous ses mouvements en vol ont été réalisés en s'appuyant uniquement sur la circulation de l'air – et en les modulant grâce à des flux d'air supersoniques lâchés au niveau du moteur et des ailes !

Magma glisse sur l'air comme le surfeur sur la vague : d'un bloc ! Une première qui est "*l'aboutissement de près de vingt ans de travail en commun*", confie William Crowther, chercheur du département de Génie mécanique et aéronautique de l'université de Manchester, qui a dirigé ce projet réalisé avec les équipes du spécialiste aéronautique anglais, civil et militaire, BAE Systems.

Repères

L'effet Coanda assure la portance des avions dans les airs depuis toujours. Désormais, ce principe aérodynamique permet également de manœuvrer les aéronefs.

Pour réaliser un tel tour d'équilibriste, les ingénieurs ont exploité un effet physique bien connu des aérodynamiciens : l'effet Coanda, du nom du physicien roumain Henri Coanda,

BAE SYSTEMS



qui l'a observé pour la première fois en 1910. Ce principe s'appuie sur la propension d'un fluide à suivre la surface convexe sur laquelle il s'écoule. Ce faisant, le fluide exerce une force sur la surface. Cet effet explique en partie la portance d'une aile d'avion : lorsque la masse d'air en mouvement rencontre le profil bombé de l'aile, elle suit sa surface avant d'être déviée vers le bas, ce qui aspire l'aile vers le haut. C'est ce que l'on observe lorsqu'une balle de ping-pong se maintient au-dessous d'un flux d'air continu propulsé hors d'un tube vertical : la portance est plus forte du côté de la balle où l'air est le plus rapide, ce qui ramène cette dernière vers le centre du jet.

Et cet effet Coanda trouva bien quelques applications. Par exemple sur l'avion anglais Blackburn Buccaneer, dans les années 1960 : de l'air était prélevé à haute pression directement dans les moteurs puis soufflé contre des volets disposés sur ses ailes, lui offrant ainsi une portance supérieure de l'ordre de 50 % comparée aux autres systèmes de l'époque.

UTILISÉ EN FORMULE 1

C'est en se basant sur ce procédé aérodynamique que le constructeur américain McDonnell Douglas imagina son système d'hélicoptère à un seul rotor, le Notar (pour "NO TAil Rotor", "pas de rotor de queue") : une soufflante entraînée par le moteur propulse de l'air dans la queue de l'appareil et, par effet Coanda, permet de remplacer le rotor arrière. Cet effet fut même utilisé en Formule 1 →

∧ 50 kg et 4 m d'envergure : *Magma* est un imposant drone sans pilote dont aucune des pièces n'est mobile ! Pour se diriger en vol, il exploite la dynamique des fluides appliquée aux courants aériens. Un exploit qui a demandé vingt ans d'efforts.

par la plupart des écuries au cours de la saison 2013, grâce à des éléments en carbone, ajustés à la trajectoire naturelle des gaz expulsés par le moteur, qui augmentaient l'appui au sol et l'équilibre du train arrière – ces dispositifs furent finalement interdits dès la saison suivante.

Quant à réussir à contrôler la trajectoire d'un avion, cela n'avait été fait qu'en mode intermittent, allumé ou éteint. Avec le projet Magma, ce "contrôle fluidique" entre pleinement en action. *"La vraie nouveauté ici, c'est bien d'avoir réussi à piloter le soufflage, et à l'adapter de façon continue pour manœuvrer en temps réel l'avion en vol*, confirme, admiratif, Éric Garnier, qui suit ces questions au sein du département Aérodynamique, aéroélasticité et acoustique de l'Onera, le centre français de recherche aérospatiale. *C'est une vraie avancée dans l'échelle de maturité de cette technologie."*

GOUVERNÉ GRÂCE À UN DOUBLE EFFET

Le drone est en fait gouverné grâce à un double effet Coanda (voir infographie). Le premier agit directement à la sortie du moteur: "*Un jet d'air comprimé supersonique dévie la poussée du moteur*, explique Éric Garnier. *En contrariant ainsi l'adhérence naturelle, on oriente le sens de la poussée vers le haut, puisque, de base, l'écoulement s'effectue en adhérant à une surface courbée vers le bas.*" Le second est au niveau des ailes pour contrôler le roulis et tourner. Et l'ingénieur insiste: *"Pour y parvenir, cela nécessite beaucoup 'de plomberie' et de travail sur les matériaux, qui doivent supporter plusieurs bars de pression."*

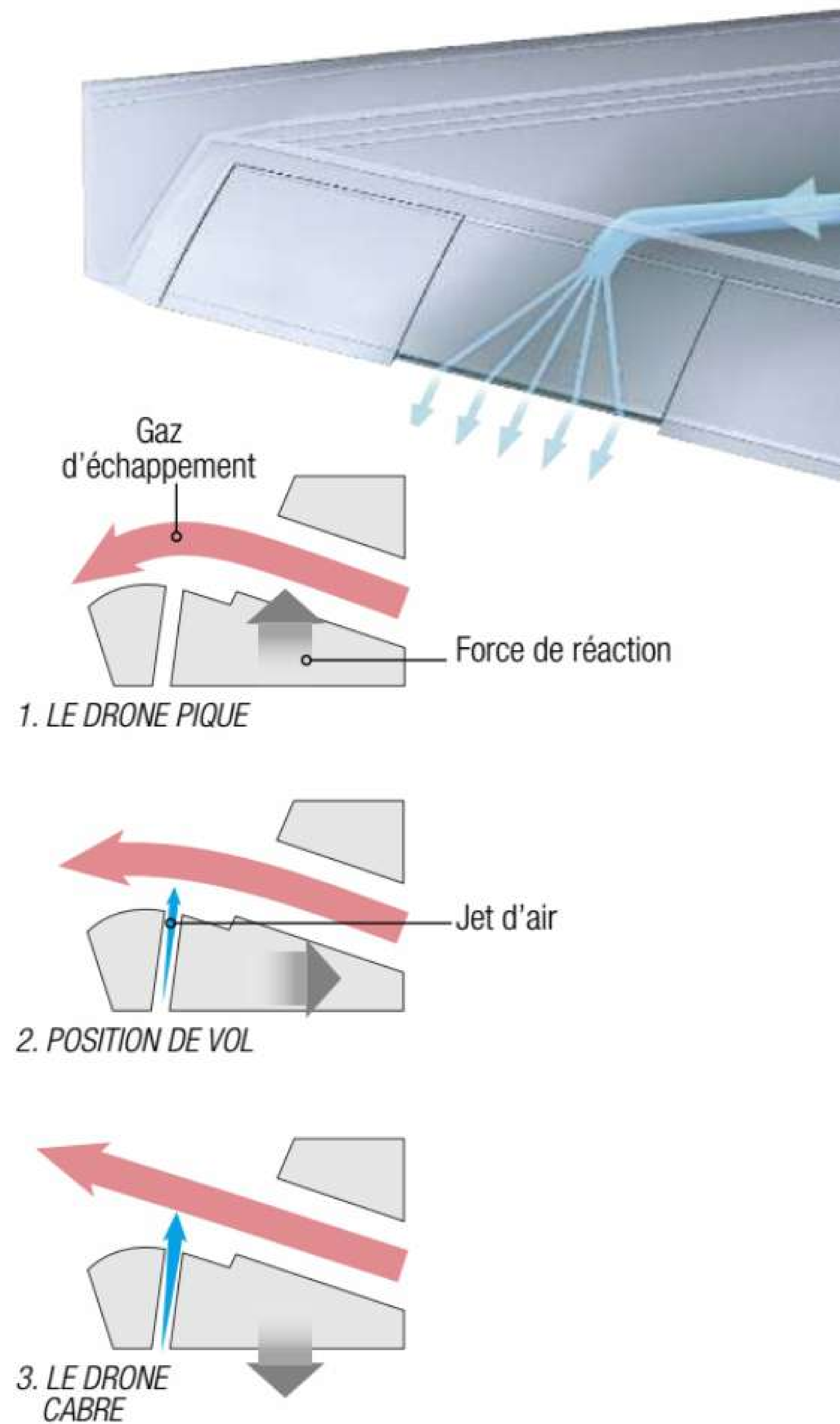
Julia Sutcliffe, responsable de la technologie à BAE Systems Air, confirme: *"Il nous a fallu notamment réussir à concevoir et fabriquer un bord de fuite avec de petits rayons de courbures, de l'ordre de 3 mm, et une hauteur de fentes de 0,2 mm, pouvant fonctionner à 200°C."* Des pièces réalisées en titane grâce à la fabrication additive, garantissant résistance, précision et légèreté.

Le défi était d'intégrer le tout dans les commandes de vol de l'avion. *"La tuyauterie, les vannes et les systèmes ont été soigneusement conçus pour que les débits d'air prélevés sur le moteur soient redirigés vers les différents dispositifs nécessaires au contrôle"*, explique Julia Sutcliffe.

D'autres tests en vol sont d'ores et déjà annoncés pour améliorer la technologie. Et BAE Systems se montre très optimiste sur les applications: "*Nous pensons que ces technologies pourraient changer la donne dans l'industrie de l'aviation*, avance Andrea Kay, responsable de la communication de BAE Systems. *Cela pourrait transformer la façon dont les appareils sont conçus, afin qu'ils soient plus éco-*

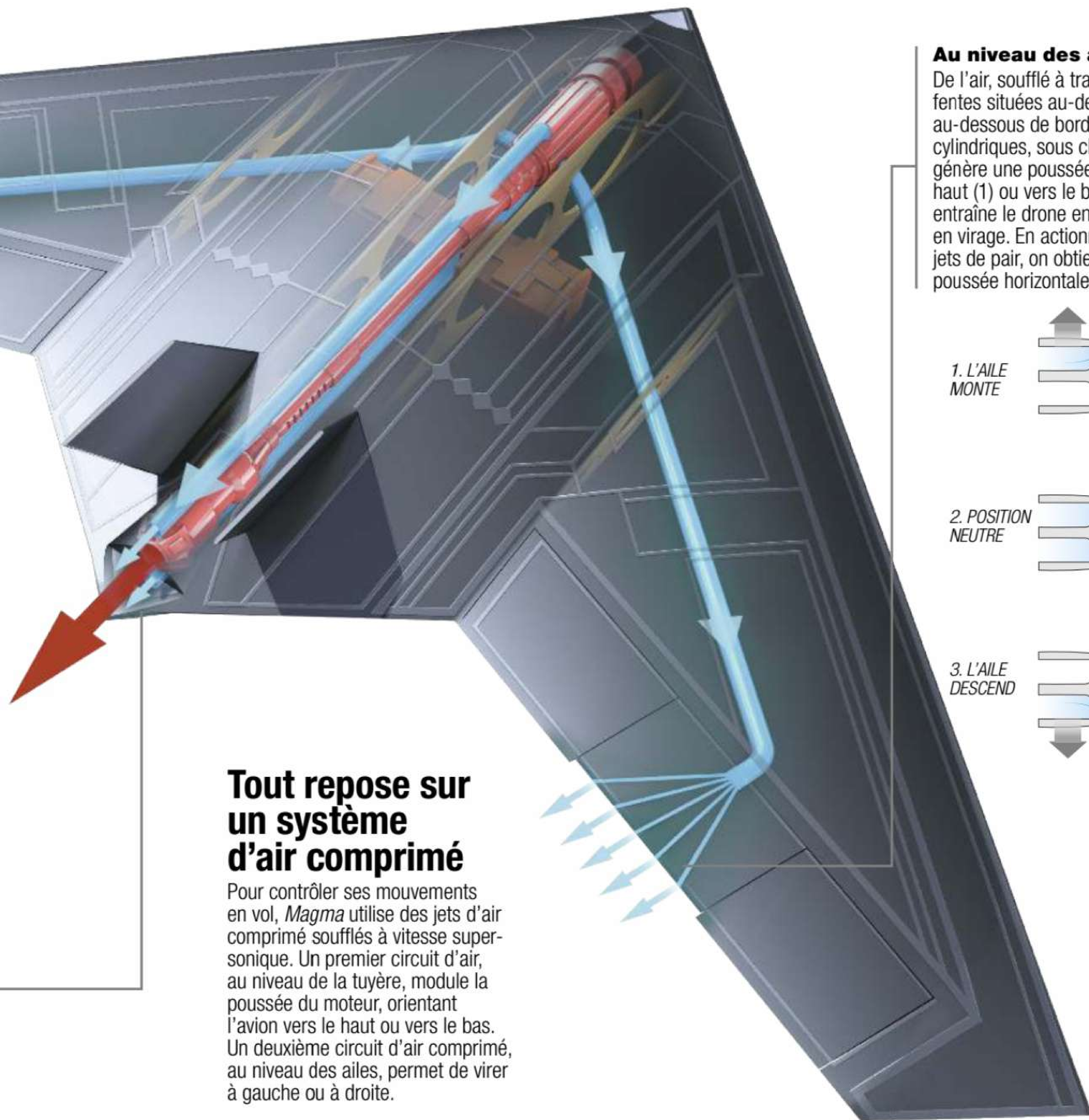
Date clé

Dès **1934**, **Henri Coanda** imagina tout le potentiel en aéronautique de l'effet qu'il avait découvert, en déposant un brevet pour un *Procédé et appareil permettant la déviation d'un fluide dans un autre fluide.* 85 ans plus tard, *Magma* concrétise sa vision.



Au niveau de la tuyère
Les gaz expulsés par le moteur s'écoulent par défaut vers le bas, en suivant une surface courbe. Cela relève l'arrière du drone et le fait piquer du nez (1). Actionner le jet d'air modifie cet écoulement. En l'empêchant d'adhérer à la surface courbe, on passe à un écoulement horizontal (2), puis vers le haut, ce qui relève l'avant de l'appareil (3).

G. CIRADE - M. KONTENTE

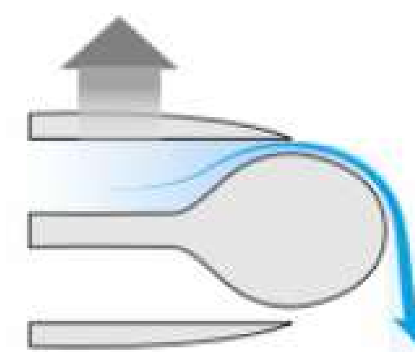


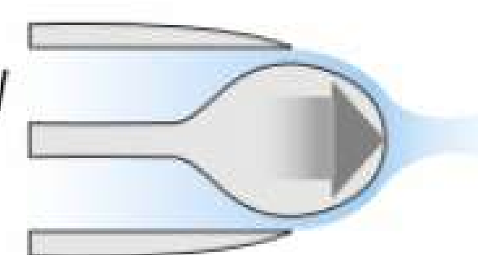
Tout repose sur un système d'air comprimé

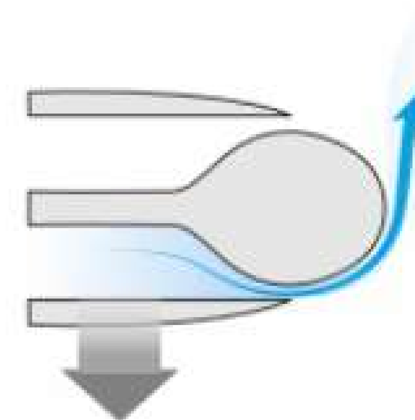
Pour contrôler ses mouvements en vol, *Magma* utilise des jets d'air comprimé soufflés à vitesse supersonique. Un premier circuit d'air, au niveau de la tuyère, module la poussée du moteur, orientant l'avion vers le haut ou vers le bas. Un deuxième circuit d'air comprimé, au niveau des ailes, permet de virer à gauche ou à droite.

Au niveau des ailes

De l'air, soufflé à travers des fentes situées au-dessus et au-dessous de bords de fuite cylindriques, sous chaque aile, génère une poussée vers le haut (1) ou vers le bas (3) et entraîne le drone en roulis et en virage. En actionnant les jets de pair, on obtient une poussée horizontale (2).



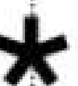




nomes en carburant, légers et performants." L'entreprise met en avant l'utilisation de matériaux moins lourds et l'absence d'une grande partie des pièces mécaniques nécessaires au contrôle de l'avion en vol.

"*On se rapproche de plus en plus d'une application de ces technologies*", confirme Éric Garnier. Mais il pointe l'écueil principal du contrôle fluidique : si le moteur tombe en panne, l'aéronef n'aura a priori aucun moyen d'être contrôlé en vol. Il souligne cependant un autre intérêt de cette technologie : la furtivité. Ce sont en effet les gouvernes braquées d'un aéronef qui augmentent de façon importante le risque d'être repéré au radar. "*Pour un avion militaire sans pilote ou un missile de croisière, ce type de technologie a donc tout son sens pour assurer la furtivité. Certainement plus, en tout cas, que pour l'aviation civile*", estime Éric Garnier. Quoi qu'il en soit, une nouvelle ère de l'aéronautique s'ouvre : le vol en mode Coanda est lancé.





EN SAVOIR PLUS

À consulter : la dernière publication du projet Magma
À voir : la vidéo du vol.

science-et-vie.com



HOMO
ERGASTER



HOMO
NALEDI



HOMO
RUDOLFENSIS



HOMO
RHODESIENSIS



HOMO ERECTUS
GEORGICUS



HOMO
SAPIENS



HOMO
ERECTUS



HOMO
HABILIS



HOMO
HEIDELBERGENSIS

S. J. BLACKBIRD / ALAMY /HEMIS - J. HAWKS/WITS UNIVERSITY - LANMAS / ALAMY /HEMIS - DAVID DAVIS - PHOTOPRODUCTIONS RF / ALAMY /HEMIS - THE NATURAL HISTORY MUSEUM / ALAMY /HEMIS - BONE CLONES - DR


HOMME DE
JEBEL IRHOUD


HOMME
DE KABWÉ


HOMO
FLORENSIENSIS

Homo
Une famille de plus en plus compliquée

Tous les mois, fouilles et ADN révèlent de nouveaux *Homo* : des oncles et des cousins qui bouleversent le vieux scénario linéaire et redessinent l'arbre buissonnant de notre histoire. Entre métissages complexes et lignées fantômes, **Émilie Rauscher** tente d'y voir clair.


HOMO
IDALTU


HOMME DE
NEANDERTAL


HOMME DE
SACCOPASTORE

Les histoires de famille, c'est toujours compliqué, surtout quand la famille est grande. En la matière, difficile de faire mieux que la famille humaine qui bat tous les records…
Pour raconter l'histoire de ceux dont on partage le genre, les *Homo*, on a pourtant longtemps privilégié un déroulé assez élémentaire, une odyssée scandée de grands anciens aux faciès archaïques: *Homo habilis* et *H. rudolfensis* (3 millions d'années), *H. erectus* (1,5 million d'années), Neandertal bien sûr, et d'autres, moins connus, comme *H. ergaster* (2 millions d'années), ou *H. rhodesiensis* et *Heidelbergensis* (500 000 ans)… Une succession linéaire censée mener jusqu'à un apogée que nous constituerions, puisque nous nous sommes autodécrétés "homme anatomiquement moderne" et *Homo sapiens*, autrement dit "homme sage".

Dans cette belle histoire, les formes humaines se succédaient aimablement et se chevauchaient rarement. Une vision simple qui eut le mérite de poser des bases. Mais les paléoanthropologues savent aujourd'hui que ce fut un peu plus compliqué: il y avait plus de monde qu'escompté à la table familiale, et les parents manquants commencent à sortir du bois…

UN FOISONNEMENT DE FORMES HUMAINES

Ces derniers temps, les nouveaux convives se sont même précipités: *Homo luzonensis*, qui a fait l'actualité en avril dernier; deux nouveaux hommes de Denisova ces derniers mois; sans oublier, il y a deux ans, l'homme de Jebel Irhoud, sorte de grand-oncle inattendu; ni *Homo naledi* et Florès, il y a quatre et quinze ans, deux représentants de rameaux isolés… *"Beaucoup de nouvelles découvertes ont accru la complexité de l'arbre évolutif,* souligne le paléoanthropologue Jean-Jacques Hublin, du Collège de France et de l'Institut Max-Planck de Leipzig. *On est passé à quelque chose de buissonnant, dont les branches s'entrelacent et se recoupent… et souvent s'interrompent!"*

Pourquoi une telle profusion aujourd'hui? Il y a d'abord le tempo des fouilles. *"La recherche de terrain se développe en Afrique, en Chine, en Asie du Sud-Est,* appuie la paléoanthropologue Dominique Grimaud-Hervé, du Muséum national d'histoire naturelle de Paris (MNHN). *Ce qui permet d'accumuler les surprises et contribue à combler les lacunes géographiques et temporelles: c'est motivant!" "Souvent on ne trouve rien,* rit Florent Détroit (MNHN). *Mais quand on trouve, c'est un foisonnement!"* Et il sait de quoi il parle: il est le "père" du nouveau venu *H. luzonensis*, débusqué sur l'île de Luzon, aux Philippines. Une terre promise pour la recherche avec l'Indonésie voisine.

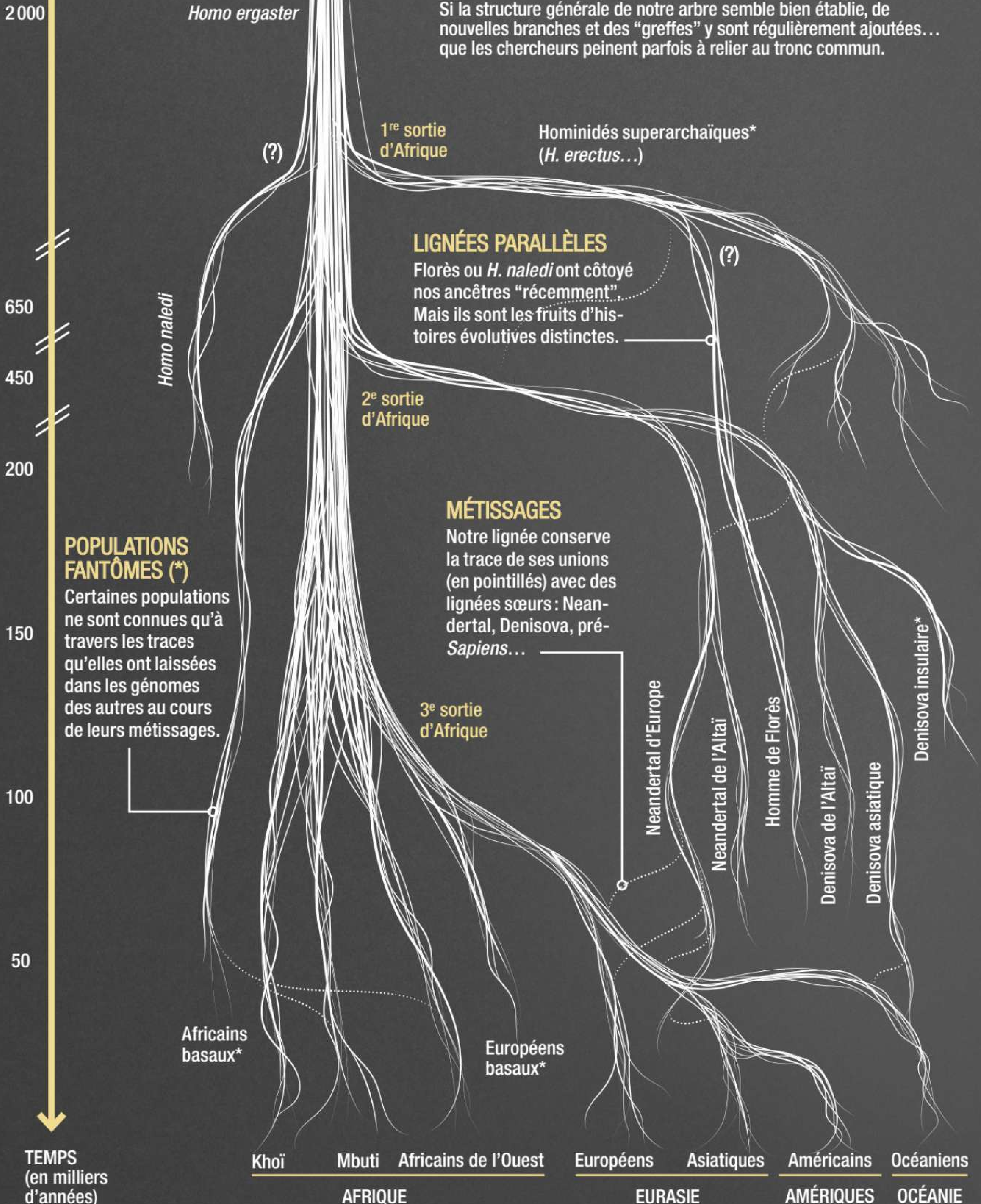
Repères

Le genre *Homo* émerge il y a 2,8 millions d'années en Afrique (*H. habilis*). Les premiers pré-*Sapiens* y apparaissent il y a 500 000 ans, et le premier "vrai" *Sapiens* 300 000 ans plus tard.

Autre raison pointée par le chercheur: *"Avant les années 1950, chaque spécimen un peu particulier était classé à part, si bien qu'on était arrivé à un ensemble incompréhensible. Puis il y a eu un mouvement inverse de regroupement… avant qu'on fasse de nouveau machine arrière aujourd'hui."* "Heidelbergensis *et* Erectus *sont devenus des groupes fourre-tout, où se retrouvent les fossiles qu'on ne sait pas où ranger ailleurs"*, rappelle Dominique Grimaud-Hervé. Or, ce nouveau regard change les choses: *"Si on classe deux squelettes dans un même groupe, on se dit qu'il n'y a pas grand-chose à creuser. Mais si on les sépare, alors on va chercher ce que signifient leurs variations, en quoi leurs histoires évolutives sont différentes, quelles sont leurs origines"*, reprend Florent Détroit. Détails et variations retrouvent de la valeur et du sens.

H. naledi présente ainsi un mélange inédit de traits archaïques (plus proches de ce qu'on observe chez des hominidés anciens comme les Australopithèques: phalanges incurvées, volume cérébral…) et modernes (longues jambes, forme du crâne…). *H. luzonensis* affiche lui aussi une mosaïque en partie archaïque (prémolaire, pied) et moderne (molaire), mais différente des patchworks déjà identifiés. Bref, des êtres "chimères" qui semblent puiser leurs traits protéiformes chez plusieurs autres espèces. Et ils sont loin d'être les seuls. Des crânes et des ossements étonnants, ressortis pour réanalyses des

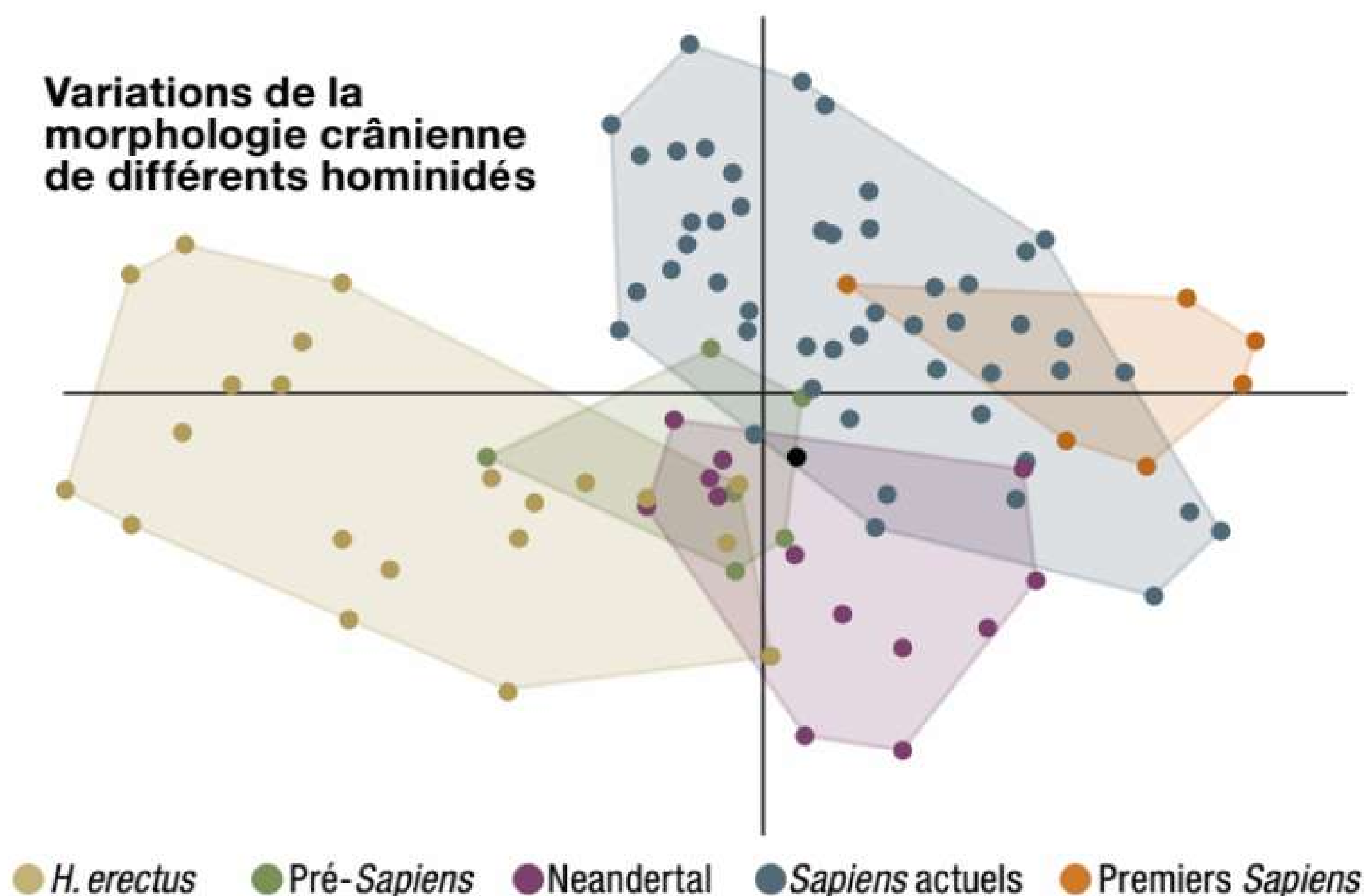
B.BOURGEOIS



Le nouvel arbre des *Homo*
Si la structure générale de notre arbre semble bien établie, de nouvelles branches et des “greffes” y sont régulièrement ajoutées… que les chercheurs peinent parfois à relier au tronc commun.
2 000
650
450
200
150
100
50
TEMPS (en milliers d'années)
Homo ergaster
1re sortie d'Afrique
Hominidés superarchaïques* (H. erectus…)
(?)
(?)
LIGNÉES PARALLÈLES
Florès ou H. naledi ont côtoyé nos ancêtres “récemment”. Mais ils sont les fruits d'histoires évolutives distinctes.
Homo naledi
2e sortie d'Afrique
MÉTISSAGES
Notre lignée conserve la trace de ses unions (en pointillés) avec des lignées sœurs : Neandertal, Denisova, pré-Sapiens…
POPULATIONS FANTÔMES (*)
Certaines populations ne sont connues qu'à travers les traces qu'elles ont laissées dans les génomes des autres au cours de leurs métissages.
3e sortie d'Afrique
Neandertal d'Europe
Neandertal de l'Altaï
Homme de Florès
Denisova de l'Altaï
Denisova asiatique
Denisova insulaire*
Africains basaux*
Européens basaux*
Khoï
Mbuti
Africains de l'Ouest
Européens
Asiatiques
Américains
Océaniens
AFRIQUE
EURASIE
AMÉRIQUES
OCÉANIE

L'histoire lacunaire des *Homo* écrite à partir des fossiles…

La mesure des traits physiques (voir ci-dessous) permet théoriquement de distinguer les populations humaines. Sauf quand les variations observées à l'intérieur de chacune font que leurs ensembles se superposent : certains Néandertaliens sont ainsi proches d'*Erectus* et d'autres de *Sapiens*. Pire : en utilisant d'autres traits, les ensembles constitués seront encore différents.



Prélèvements d'ADN ancien.

VOLKER STEGER/SPL/COSMOS

tiroirs où ils prenaient la poussière, déploient là encore de singulières singularités : *H. helmei, H. idaltu*, les hommes de Kabwé, de Jebel Irhoud, en Afrique, l'homme de Hualongdong, de Dali ou de Maba, en Chine ; et même l'homme de Saccopastore en Europe…

À CHACUN SA PETITE PARTITION ANATOMIQUE

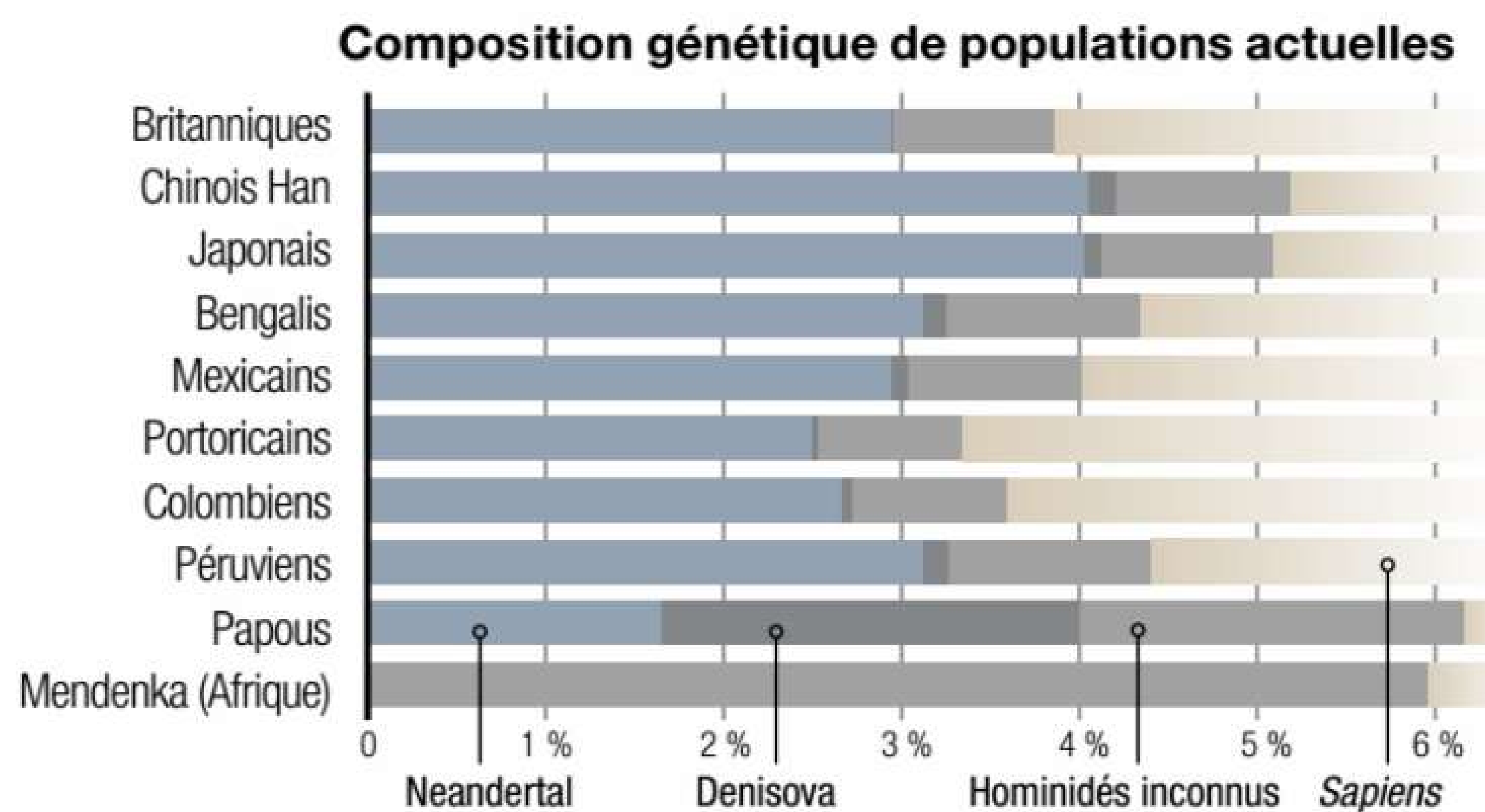
Un inventaire à la Prévert dont la poésie bouleverse notre phylogénie. Car chacun dispose de sa petite partition anatomique archaïco-moderne personnelle, alors que tous sont "contemporains" et pas si vieux : *"On connaît désormais plusieurs formes humaines coexistant au Pléistocène moyen (–800 000 à –125 000 ans)*, constate Jean-Jacques Hublin. *Une diversité bien plus importante que ce que l'on a longtemps imaginé, et surtout d'un autre ordre que ce qu'on peut voir aujourd'hui. Les hommes actuels appartiennent tous à la même espèce, assez homogène, mais entre ces formes anciennes les différences physiques sont comparables à celles qui séparent des espèces distinctes de mammifères."*

Le voilà incarné, le buissonnement de notre arbre généalogique ! Certains fossiles peuvent être associés sur des branches, elles-mêmes reliées à l'arbre humain global, quand d'autres sont encore trop mystérieux pour qu'on sache où les placer. Il y a 300 000 ans, notre histoire était incomparablement plus riche – notre solitude actuelle n'en paraît que plus singulière. Prendre conscience de cette diversité est primordial mais ne dit pas où, dans notre arbre, ajouter les branches que l'on découvre. Surtout, que racontent-elles ensemble ? Sur l'origine de *Sapiens* par exemple ? *"Les variations entre les fossiles africains montrent qu'au lieu d'une progression linéaire vers sa morphologie, il y a eu des superpositions chronologiques entre diverses morphologies archaïques et modernes"*, notait en 2016 le paléoanthropologue Christopher Stringer, du Muséum d'histoire naturel de Londres. Impossible de désigner un lieu d'émergence précis, ces superpositions évoquent davantage une évolution "fragmentée", une origine morcelée entre des régions reliées par des échanges de gènes via des métissages.



… est depuis quelques années bouleversée par les apports de la génétique

Quel que soit l'endroit du globe, notre génome conserve des bribes d'ADN provenant d'autres groupes humains. Parfois ce sont des groupes connus, comme Neandertal, parfois des espèces anciennes non identifiées. L'Afrique est la seule sans éléments néandertaliens, mais elle a conservé la trace d'espèces archaïques uniques.



Pour aller plus loin, les scientifiques explorent un autre grand terrain de fouilles : les génomes. Les généticiens peuvent désormais passer l'ADN ancien extrait d'ossements millénaires au tamis de leurs séquenceurs dernier cri. Un champ de recherche lancé en 2009 avec la publication du patrimoine génétique de Neandertal par le précurseur Svante Paäbo, suivi de celui de Denisova en 2010. De quoi renouveler les informations disponibles sur la morphologie, les adaptations, la diversité (quand on dispose de plusieurs génomes pour les comparer).

Mais cette approche a ses limites : il n'y a pas toujours de fossiles disponibles et leur ADN peut être dégradé. Temps qui passe et environnement le fragmentent, surtout dans les zones chaudes et humides telles que l'Afrique ou l'Asie, primordiales dans notre évolution.

LES GÈNES DE POPULATIONS INCONNUES…

Dès 2006, Jeffrey Wall et Vincent Plagnol imaginent une autre façon de faire de la paléoanthropologie génétique, moins directe et plus introspective : regarder dans notre ADN moderne pour voir si on n'y trouverait pas la trace d'autres génomes, appartenant à des hommes disparus !

Pour ceux dont on dispose d'un modèle (Neandertal et Denisova), l'identification est facile… Or les deux chercheurs veulent s'en affranchir. Ils traquent les anomalies dans les fréquences de présence des mutations de notre texte génétique. En se basant sur le fait que la molécule de l'hérédité accumule, au fil du temps, et selon un rythme connu, des altérations, leur idée est d'identifier, grâce à des analyses statistiques, les régions dans lesquelles le nombre de mutations n'est pas normal : signe possible d'une origine étrangère, d'une autre population humaine qui aurait évolué de son côté (avec ses propres mutations) avant de se croiser avec nous. Sachant que les vestiges génétiques peuvent eux-mêmes être porteurs de vestiges d'un autre… Reste ensuite à savoir à qui appartient tout ça.

Cette méthode a aussi ses limites : *"L'ADN des populations actuelles ne permet de retracer que des croisements qui ont eu une descendance jusqu'à nous"*, rappelle Évelyne Heyer, spécialiste en anthropologie génétique au MNHN. Autre difficulté : la délicate interprétation des données statistiques obtenues, qui entraîne débats et résultats parfois contradictoires. Mais ça marche !

La paléogénétique introspective a permis de confirmer la présence de Neandertal en nous (et de nous en lui), ainsi que celle de Denisova. Ou plutôt "des" Denisova, comme l'a découvert le biologiste des populations Murray Cox (université de Massey, Nouvelle-Zélande) en avril dernier, en étudiant le génome des Papous et des Indonésiens : *"Au lieu d'un groupe unique, il* →

s'agit en réalité d'au moins trois groupes très différents ! Et avec plus de diversité que ce qui existe entre nous, Sapiens, *aujourd'hui."* L'un des trois est même si différent que le chercheur y voit presque une espèce à part… Une semi-surprise tant l'Asie est riche en fossiles hors normes.

Car voilà bien toute la puissance de cette nouvelle approche : sa capacité à exhumer aussi des populations "fantômes" dont les membres mystérieux hantent notre génome sans qu'on leur connaisse encore de corps fossiles physiques.

Un de ces fantômes a été aperçu en 2016. L'étude d'ADN d'ossements de groupes vivant au Moyen-Orient il y a plus de 15 000 ans a révélé la présence d'un ADN de plus de 45 000 ans. Qui ne possédait pourtant aucun élément néandertalien, contrairement aux populations de la région (et d'Europe) de l'époque.

Au moment de sa sortie d'Afrique, il y a 100 000 ans, notre espèce a donc connu trois destins distincts : entre ceux restés en Afrique et ceux partis jusqu'en Amérique et en Australie (croisant Neandertal et Denisova), une population surnommée les "Eurasiens basaux" s'est isolée. Où exactement ? Et combien de temps se perpétua-t-elle ? Mystère…

Avec ses nombreux fossiles mi-archaïques mi-modernes et son incroyable diversité génétique actuelle, l'Afrique cache à coup sûr de nombreuses lignées humaines oubliées. C'est dans le génome des Biaka (Afrique centrale), des Mandenka (Afrique de l'Ouest) et des San (dans le sud), que Michael Hammer, de l'université d'Arizona, suggérait en 2011 un autre méandre inconnu de notre histoire : il y a 35 000 ans, les ancêtres de ces tribus se seraient croisés avec une autre population humaine… qui n'était pas *Sapiens* puisque la population en question se serait séparée de notre lignée il y a plus de 700 000 ans. Soit à l'époque où un autre groupe d'*Homo* sortait d'Afrique et allait vivre sa vie évolutive en Europe (pour donner Neandertal) et en Asie (Denisova).

Enfin, un troisième fantôme a été annoncé en juin. Le plus spéculatif, le plus vieux et le plus extrême. En combinant les données ADN des *Sapiens* africains et européens, de Neandertal et de Denisova, le spécialiste de la génétique des populations Alan Rogers (université d'Utah) aurait trouvé la trace des ancêtres communs de Neandertal et Denisova. Mieux : il aurait repéré des indices de leur union avec un *Homo* super-archaïque dont ils se seraient séparés évolutivement parlant 1,3 million d'années plus tôt ! Un fantôme qui pourrait être *Erectus*, premier colonisateur mythique de l'Europe et de l'Asie, dont l'histoire s'est écartée de la nôtre il y a 2 millions d'années et dont nous n'avons pas l'ADN ? La possibilité d'union fertile entre deux humanités aux histoires évolutives si longtemps indépendantes donne le vertige.

En quelques années, les fossiles et les gènes ont décidément bien transformé l'arbre de notre si large famille (voir p. 99). *"On en perçoit mieux l'allure générale, et dans le même temps, on se perd au niveau des branches, des nœuds avec des fossiles mosaïques, des hybridations"*, s'amuse Florent Détroit.

On découvre désormais des relations entre des groupes éloignés dans le temps et l'espace, des migrations, des métissages. L'histoire de notre famille n'est plus une simple fable, mais un récit coloré et complexe, plein de rebondissements. De quoi rendre enfin hommage à tous ses membres disparus, dont nous gardons tous, en chacun de nous, une trace indélébile.

Une seule espèce d'*Homo* ?

On a longtemps considéré distinctes deux espèces qui ne pouvaient plus se croiser. Or le séquençage du vivant a montré que l'hybridation restait possible même entre groupes séparés depuis des millions d'années. Faut-il alors les considérer comme faisant partie d'une même espèce ? *"Non, car ils conservent des différences,* affirme Jean-Jacques Hublin. *Même s'ils se sont croisés, Neandertal et* Sapiens *se distinguent parfaitement : les contacts ne signifient pas la dilution d'une entité dans l'autre. Ce qui compte pour définir les espèces, ou plutôt les 'lignées de métapopulations', c'est la préservation de trajectoires évolutives propres."* Reste à comprendre comment elles conservent leurs spécificités…



À consulter : une sélection de publications, d'ouvrages de référence et de sites web utilisés dans l'article.

EN SAVOIR PLUS *

science-et-vie.com

SOLDES

jusqu'à -50%

SUR VOS ABONNEMENTS



KIOSQUE mag

www.kiosquemag.com



Maladie de

Pourquoi elle défie la science

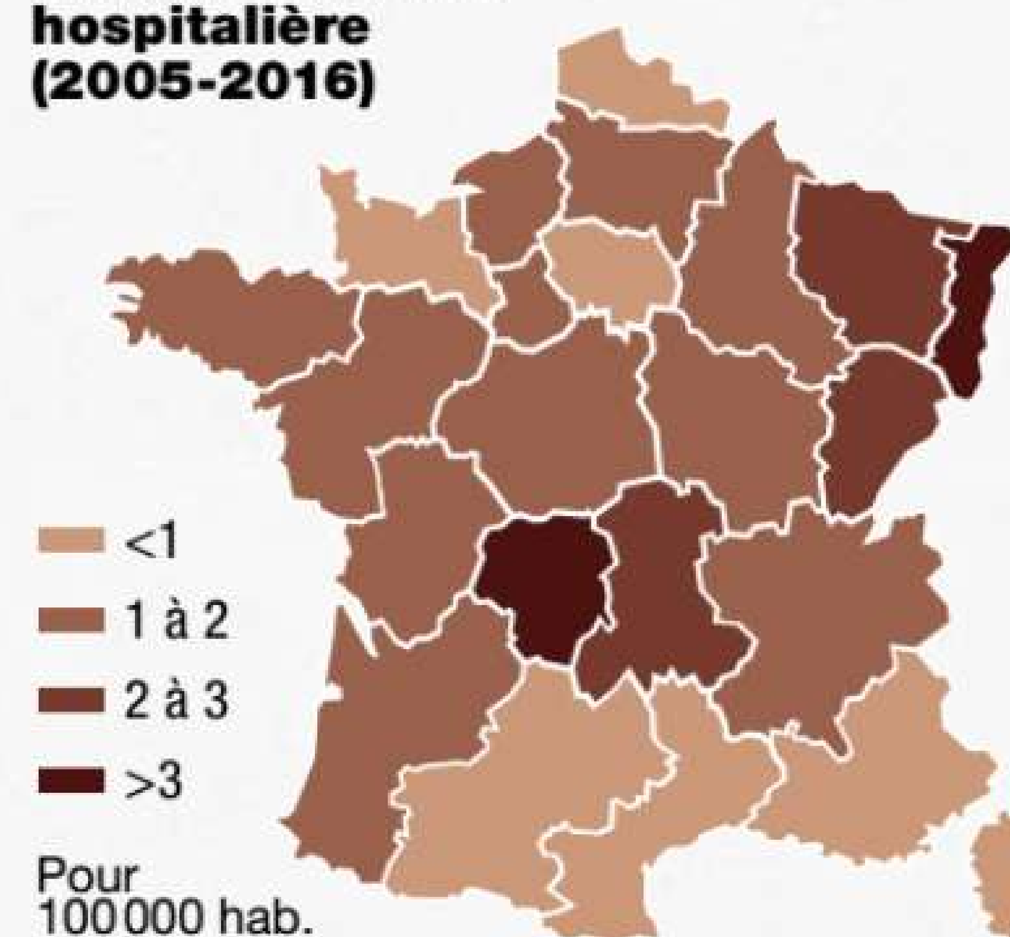
Lyme

Peu de maladies ont à ce point déchaîné les passions. Cause, diagnostic, traitement : cette infection transmise par les piqûres de tiques défie les experts réunis par la Haute Autorité de la santé. Non seulement les études fiables sont rares, mais deux camps irréconciliables s'affrontent, laissant les malades dans une situation inextricable, constate **Lise Barnéoud.**

50 000

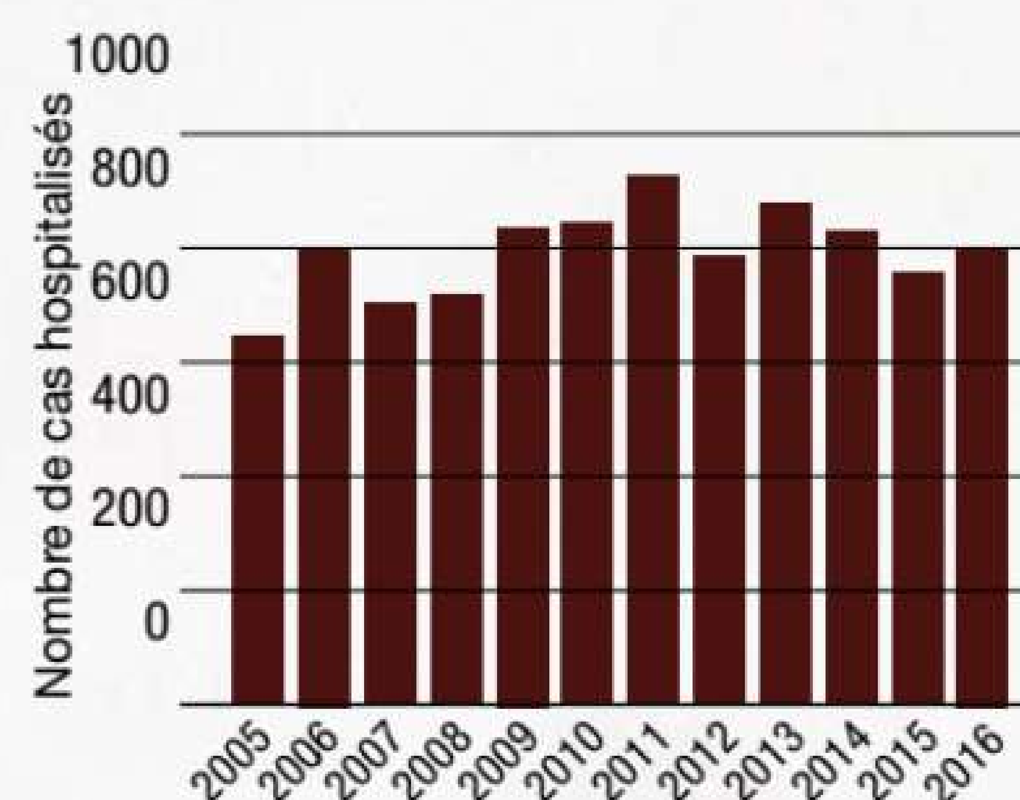
On estime entre 30 000 et 50 000 le nombre de nouveaux cas de borréliose chaque année en France. Et ce n'est que la fourchette basse.

Toutes les régions déclarent des cas d'hospitalisation



Source : BEH, juin 2018

Un nombre d'hospitalisations constant malgré les traitements



ARTYOM GEODAKYAN/TASS/GETTY IMAGES - M.KONTENTE



Les limites du dépistage

10 à 20 %

des tiques sont infectées par *Borrelia.* En outre, une étude menée dans l'une des zones les plus infestées de France (Ardennes) a relevé 45 % d'infection des tiques par au moins un mircrobe.

E*t si c'était autre chose?"* Étrange question. Mais question centrale. Qui ressurgit, à chaque dossier abordé, dans les débats de l'équipe médicale du centre pluridisciplinaire spécialisé dans la maladie de Lyme, cette infection transmise par les piqûres de tiques. Installé dans l'hôpital de Villeneuve-Saint-Georges (94), ce centre, quasi unique en France, organise chaque mois une réunion de concertation autour des cas les plus complexes. Et de la concertation, il en faut pour poser le bon diagnostic et donner un traitement adapté à des patients qui vivent parfois des situations inextricables depuis des années. Car rien n'est simple avec cette maladie parmi les plus médiatisées de France, qui fait l'objet d'une bataille rangée entre scientifiques et d'une inquiétude grandissante de la part du public. Autour de la table, infectiologues, immunologistes, psychologues, infirmiers savent qu'ils avancent en terrain miné.

Premier dossier. Un homme d'une trentaine d'années. Sa piqûre de tique remonte à 2009. Il se souvient bien qu'un étrange anneau rouge était apparu autour de la morsure, mais à l'époque il n'y avait pas prêté attention. Quelques mois passent. Il commence à ressentir des douleurs articulaires, une grande fatigue, des maux de tête. Sa longue errance médicale débute. Jusqu'à ce qu'une étrange coïncidence mette son généraliste sur une piste : traité pendant cinq jours avec des antibiotiques pour une angine, l'homme se sent revivre. En 2018, le médecin l'oriente alors vers l'hôpital de Villeneuve-Saint-Georges, où se trouve le seul centre pluridisciplinaire spécialisé dans Lyme en Ile-de-France. Son intuition s'avère juste : les tests sanguins montrent que le système immunitaire de ce patient a bien été en contact avec la bactérie *Borrelia burgdoferi*, en cause dans la maladie de Lyme. Fin de l'énigme?

"Et si c'était autre chose?" Alors que tous les indices semblent concorder, l'équipe se repose la question. Trouver la preuve de l'infection est en effet loin d'être synonyme de maladie, comme l'a montré en 1998 une étude suisse menée sur un groupe de coureurs adeptes des sorties en forêts. Tous positifs à l'infection par *Borrelia burgdoferi*, ils ont été suivis pendant cinq ans : au final, plus de 95 % d'entre eux ne se sont jamais plaints d'aucun symptôme.

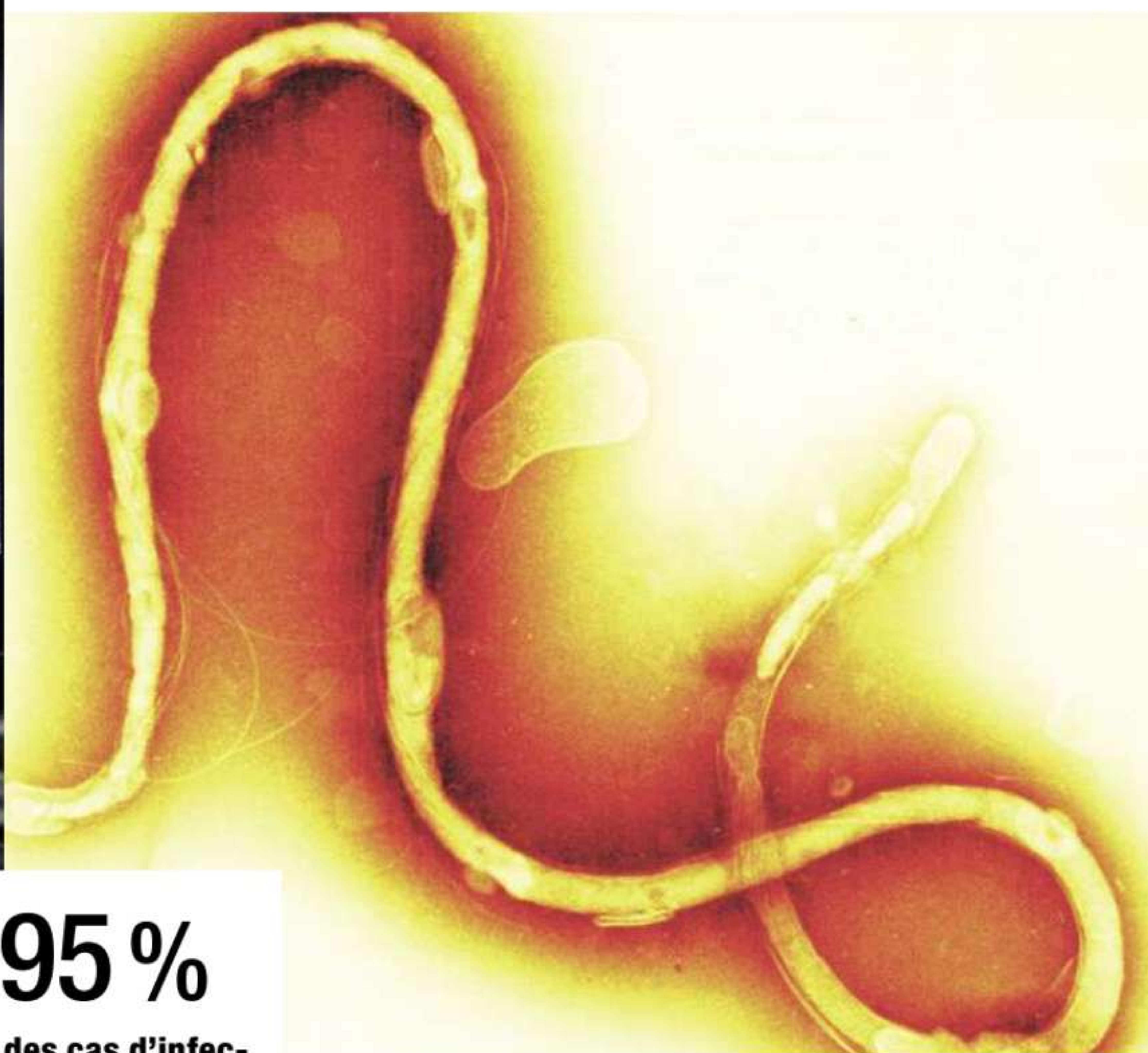
UN DÉSERT SCIENTIFIQUE

Parfaitement fiables pour certains médecins ; pas du tout pour d'autres, ces tests de dépistage sont violemment controversés. Avec le recul, les spécialistes savent que tout dépend de quand et de comment ils sont utilisés. *"Les tests de dernière génération sont très performants quand ils sont utilisés au moins six semaines après la piqûre de tique"*, atteste Alice Raffetin, coordinatrice de l'équipe Lyme à Villeneuve-Saint-Georges. Dans le cas des tests qui ne cherchent pas directement *Borrelia* dans le sang, mais uniquement les anticorps fabriqués contre elle par le corps, six semaines d'attente après l'infection sont nécessaires pour qu'un signal puisse être détecté. Même de dernière génération, ces tests n'en conservent pas moins une limite importante : ils ne permettent pas de faire la différence entre les traces d'une infection vaincue par l'organisme et une infection active qu'il faut traiter.

Repères

Dans les **années 1970,** une étrange épidémie d'arthrite et autres douleurs s'est déclarée dans le **comté de Lyme, aux États-Unis**, donnant son nom à la maladie. Les malades rapportaient avoir été piqués par des tiques.





95 %

des cas d'infection sont sans symptôme, révèle une étude suisse menée sur *Borrelia burgdoferi* (photo), qui a permis de suivre les patients pendant 5 ans.

Dans le cas de ce patient, l'examen du dossier pousse finalement les médecins à lui prescrire un antibiotique durant 28 jours, comme le recommandent les autorités. Prudent, Kévin Diallo, l'un des infectiologues de l'équipe, lui fixe rendez-vous 6 mois plus tard afin de s'assurer que l'effet du traitement est durable et la guérison réelle. Bref, pour s'assurer que ce n'était pas autre chose ! Une prudence qui s'explique par les chiffres : parmi leurs patients positifs pour la borréliose de Lyme, 90 % ne signalent plus aucun symptôme après un traitement de 28 jours. Ce qui signifie que dans 10 % des cas, la situation se complique. Et c'est là que médecins et patients se retrouvent dans une zone grise : hors des recommandations officielles sur la maladie de Lyme, en pleine polémique scientifique.

Le cas de madame X, 47 ans, en congé maladie depuis 18 mois, l'illustre parfaitement. Son état de santé s'est clairement dégradé depuis 2016. Elle situe le point de départ de ses problèmes à une piqûre de tique. Même si les tests ne révèlent aucune trace d'une infection par *Borrelia*. A priori, ce devrait donc être autre chose. Sauf que ces résultats négatifs ne permettent pas d'éliminer totalement la maladie de Lyme. Autrement dit, alors que les indices ne concordent pas, c'est paradoxalement peut-être bien une borréliose. Comme dans un miroir inversé du cas précédent. Car pas plus qu'un test sanguin positif n'équivaut forcément à la maladie, un test négatif ne garantit pas non plus l'absence d'infection. Dans le cas de madame X, l'absence de trace de l'infection *"pourrait s'expliquer par la prise répétée d'antibiotiques en courte durée pour soigner d'autres problèmes. Ces traitements inadaptés à Lyme peuvent masquer l'infection sans parvenir à éliminer la bactérie,* envisage Alice Raffetin. *Puisque aucune autre pathologie n'a pu être identifiée, le doute doit profiter au patient".* L'équipe choisit alors de traiter madame X durant 28 jours avec une molécule antibiotique bien tolérée : la doxycycline. *"Là, nous sommes hors des recommandations officielles, mais nous avons estimé que les risques du traitement étaient faibles, inférieurs aux bénéfices éventuels"*, justifie l'infectiologue. Durant le mois qui suit le traitement, l'équipe pense avoir touché juste. Avant que la fatigue et les troubles reviennent aussi mystérieusement qu'ils avaient disparu… *"Et si, finalement, c'était encore autre chose ?"*

Rarement une maladie aura déchaîné autant de passions. Alice Raffetin a participé à l'élaboration des recommandations de bonnes pratiques sur Lyme au sein de la Haute Autorité →

LAB. SANTÉ ANIMALE-ANSES/PHANIE - TINA CARVALHO / BSIP

de santé (HAS). Plus exactement, elle a épluché quelque 500 articles scientifiques pour faire le point sur l'état des connaissances. *"Durant deux mois, je n'ai fait que ça : lire des articles sur les tests diagnostiques, la question des formes tardives ou sur l'hypothèse de la chronicité"*, explique cette jeune médecin formée à la lecture critique des études épidémiologiques. Sa conclusion interpelle: *"Aujourd'hui, seule une vingtaine d'études sont de qualité satisfaisante sur Lyme."* En Angleterre, où des travaux similaires ont été menés en 2018 pour élaborer de nouvelles recommandations nationales, seuls 16 articles ont été acceptés comme ayant un bon niveau de preuve. C'est dire le désert scientifique dans un domaine pourtant d'actualité.

UN IMPOSSIBLE CONSENSUS

Ce sont surtout les cas des symptômes chroniques inexpliqués qui font débat. *"Quand la science fait défaut, cela laisse la place aux postures ou aux croyances"*, analyse Estelle Lavie, en charge du dossier Lyme à la HAS. Cette scientifique avait la lourde tâche de coordonner le groupe de travail censé écrire les nouvelles recommandations nationales. *"Nous étions pris sans cesse entre deux feux : d'un côté, les associations de patients et certains professionnels qui voient derrière ces symptômes la maladie de Lyme et, de l'autre, des sociétés savantes qui le réfutent. Or, des deux côtés, nous avions affaire à des personnes peu ouvertes aux hypothèses contradictoires et qui refusaient le débat."* Deux camps irréconciliables dans presque tous les pays. Résultat: après 18 mois de travaux et de discussions, impossible d'aboutir à un consensus. Le point le plus polémique du texte porte sur le chapitre IV, au nom barbare de SPPT (Symptomatologie/syndrome persistant(e)



6,4 %

des patients présentent des symptômes persistants après l'apparition d'un anneau rouge autour de la piqûre de tique, selon l'examen de 172 cas au centre spécialisé de Villeneuve-Saint-Georges.

Un difficile diagnostic

4 à 6 semaines

d'attente sont nécessaires avant de réaliser un test sanguin : c'est le délai après la piqûre pour que le dépistage soit efficace avec les tests sérologiques de type Elisa ou WB.

polymorphe après une possible piqûre de tique). Autrement dit, ces cas chroniques inexpliqués. *"Tel quel, beaucoup trop de personnes vont se reconnaître dans ce syndrome : nous allons donner des antibiotiques à tort et passer à côté d'autres maladies. Il faut une définition beaucoup plus précise et ne pas tomber dans une forme d'alarmisme stérile"*, critique Yves Hansmann, responsable du service des maladies infectieuses et tropicales du CHRU de Strasbourg, qui a participé au groupe de travail de la HAS.

Problème: comment donner une définition précise à une maladie que l'on connaît si mal? À commencer par les symptômes persistants. *Borrelia* pourrait-elle se nicher dans certains organes, y persister sous forme latente et se réveiller plus tard, entraînant des symptômes, comme peut le faire le virus de la varicelle ou celui de la tuberculose? Les preuves manquent. Biologiquement parlant, c'est possible. Plusieurs études *in vitro*, réalisées dans des conditions de culture et des milieux assez éloignés de ceux du corps

> *Impossible de se positionner : nous avons besoin de recherches menées sans a priori ni attendus. Mais nombreux sont ceux qui sont entrés dans une sorte de militantisme*
>
> MURIEL **VAYSSIER-TAUSSAT**
> Chef du département Santé animale (Inra), coordinatrice du projet Oh Ticks !

CDC-GATHANY/PHANIE - KLAUS GULDBRANDSEN/SPL/PHANIE - GETTY IMAGES/SCIENCE SOURCE - DR



La question du traitement





2,9 %

des 172 patients étudiés présentent des séquelles objectives (déficit moteur, sensibilité réduite…) malgré la prise de doxycycline, un antibiotique bien toléré, pendant 28 jours.

46,5 %

restent en errance médicale (avec plus de 2 consultations ou hospitalisations sans proposition de soins).

humain, ont montré que les *Borrelia* pouvaient adopter différentes formes selon leur environnement et moduler leur activité biochimique. De quoi leur permettre d'échapper au système immunitaire et rester inaccessibles aux antibiotiques. Deux études chez le singe, menées par une équipe américaine de l'université Tulane (La Nouvelle-Orléans), confirment la présence persistante de la bactérie dans certains tissus, même après un traitement antibiotique. Mais ces recherches souffrent de certains biais : les singes étaient infectés par 10 tiques porteuses de *Borrelia*, soit une charge microbienne largement supérieure à ce que les patients peuvent connaître. Les chercheurs ne sont pas parvenus à savoir si les bactéries retrouvées un an après l'infection étaient vivantes ou mortes. Et les singes ne manifestaient aucun symptôme visible, selon les vétérinaires.

"Les données ne permettent pas d'affirmer s'il existe ou non de forme chronique", conclut Estelle Lavie. Seule certitude : les études et les données des centres Lyme à travers le monde montrent que 10 à 20 % des patients traités par antibiotiques continuent à souffrir de douleurs, de fatigue, d'inflammations. *"C'est pour eux que nous souhaitions laisser une porte ouverte à une possibilité de traitement, dans le cadre d'un protocole de recherche"*, précise Estelle Lavie, faisant référence au fameux chapitre SPPT qui fait tant polémique. D'ailleurs, les antibiotiques ne s'imposent pas nécessairement : des études récentes tendent à montrer que ces symptômes persistants seraient plutôt d'ordre inflammatoire, donc insensibles aux antibactériens.

Autre inconnue controversée : le problème des co-infections. Car une tique est un véritable zoo sur pattes. Grâce à son rostre capable de percer la peau comme un harpon, elle récupère les microbes de ses hôtes et les leur transmet à tour de rôle… voire, pour certaines femelles adultes, à ses larves (pas chez *Borrelia*) ! *"Lorsqu'on est piqué par une tique, on peut ainsi être infecté par d'autres agents pathogènes qui ne sont pas ou* →

peu recherchés dans les tests actuels", signale Muriel Vayssier-Taussat, chef du département Santé animale de l'Inra, qui coordonne "Oh Ticks!", un projet pluridisciplinaire réunissant vétérinaires, médecins, scientifiques et sociologues afin de mieux caractériser les agents pathogènes transmis par les tiques. Des bactéries donc, mais aussi des virus, des champignons, des parasites… jusqu'à 237 genres de micro-organismes! Lors d'une étude menée sur 267 tiques prélevées dans les Ardennes, la moitié était infectée par plus d'un microbe, et certaines contenaient jusqu'à 5 agents pathogènes à la fois. *"Et il ne s'agit là que des microbes connus!"* prévient Muriel Vayssier-Taussat.

Or une étude européenne récente menée sur 432 patients piqués souffrant de symptômes révèle que 65 % d'entre eux sont positifs à plus d'un microbe. Parmi ceux-ci, certains sont transmis par les tiques (*Babesia*, *Rickettsia*, *Anaplasma*…), d'autres sont dits "opportunistes" (*Chlamydia*, le cytomégalovirus…) qui profiteraient d'un affaiblissement temporaire du système immunitaire. Pour les auteurs de cette étude, il est temps d'abandonner le concept "un microbe, une maladie": *Borrelia burgdorferi* est peut-être l'arbre qui cache la forêt.

Avis que ne partage pas Yves Hansmann: *"Les autres microbes transmis par les tiques sont connus pour entraîner des symptômes aigus spécifiques (fortes fièvres, pneumopathies, syndromes pseudo-grippaux), mais pas de symptômes persistants."* Difficile aussi de savoir si ces co-infections sont des coïncidences ou si elles peuvent expliquer des symptômes particuliers. *"Nous recherchons souvent les co-infections chez nos patients souffrant de symptômes aigus ou persistants*, précise Alice Raffetin. *Mais nous en trouvons très rarement."* Difficile, pour l'heure, d'en dire plus, d'une part parce que les tests actuels ne permettent pas de détecter avec suffisamment de certitude ces co-infections; d'autre part, parce qu'on manque cruellement de données sur les co-infections opportunistes, dites à bas bruit, ou crypto-infections.

TROP D'IDÉES PRÉCONÇUES

"Impossible de se positionner: nous avons besoin de recherches menées sans a priori ni attendus. Malheureusement, nombreux sont ceux qui sont entrés dans une sorte de militantisme: on est pour ou contre les co-infections, pour ou contre la forme chronique, pour ou contre certains antibiotiques: ces positions ne sont pas scientifiques", déplore Muriel Vayssier-Taussat. Fait troublant dans le cas de Lyme, ce militantisme se retrouve chez les spécialistes comme chez les patients.

Persuadé d'être atteint de la maladie de Lyme malgré des tests négatifs et des symptômes peu spécifiques, monsieur T. suit une cure séquentielle d'antibiotiques prescrite par un médecin belge. *"Il a l'impression d'avoir repris sa vie en main. La seule chose que nous pouvons faire, pour l'instant, c'est le suivre pour vérifier qu'il n'existe pas d'autres problèmes sous-jacents"*, suggère Alice Raffetin. À l'inverse, les tests sanguins de madame B. se sont avérés positifs à Lyme, mais elle ne veut pas entendre parler d'antibiotiques. *"Dommage, pour le coup, elle a une vraie indication. On aurait aimé la traiter pour éviter d'éventuels problèmes secondaires"*, regrette l'équipe.

Face aux 30000 à 50000 nouveaux cas par an en France, il serait temps de se défaire des idées préconçues et de produire de la bonne science.

– faire dépister à l'étranger?

En France comme dans la plupart des pays, les autorités recommandent de fonder le diagnostic Lyme sur deux tests. Le premier test sérologique (Elisa) révèle la présence ou non d'anticorps, sans distinguer entre eux. Si le résultat est positif ou douteux, le deuxième test Western Blot permet d'identifier les types d'anticorps présents. Or, certains laboratoires privés, allemands ou belges, utilisent d'autres tests… qui n'ont pas fait l'objet d'une validation et d'une comparaison scientifiques. Difficile donc de statuer sur leur utilité. Selon certaines études, ils seraient toutefois peu spécifiques et produiraient beaucoup de faux positifs. Au bénéfice des cliniques privées qui les effectuent et proposent ensuite des traitements onéreux. Traitements qui, au vu des forums de patients, seraient loin d'être la solution miracle.



À consulter : les études citées dans notre enquête.
EN SAVOIR PLUS
science-et-vie.com

Bon à savoir

Sommaire

112 C'est maintenant

Les crèmes solaires en question

114 En pratique

Avoir des caries dans l'enfance est mauvais pour les artères

Les maîtres stressés stressent bien leur chien

Dormir avec une lumière allumée fait prendre du poids

118 Technofolies

Un détecteur d'UV embarqué

Le vélo qui se déplie pour devenir cargo

122 À voir / à lire / à faire

***La Fabrique de la ménopause*, par Cécile Charlap**

124 Questions/Réponses

Les hommes ont-ils naturellement les cheveux plus courts que les femmes?

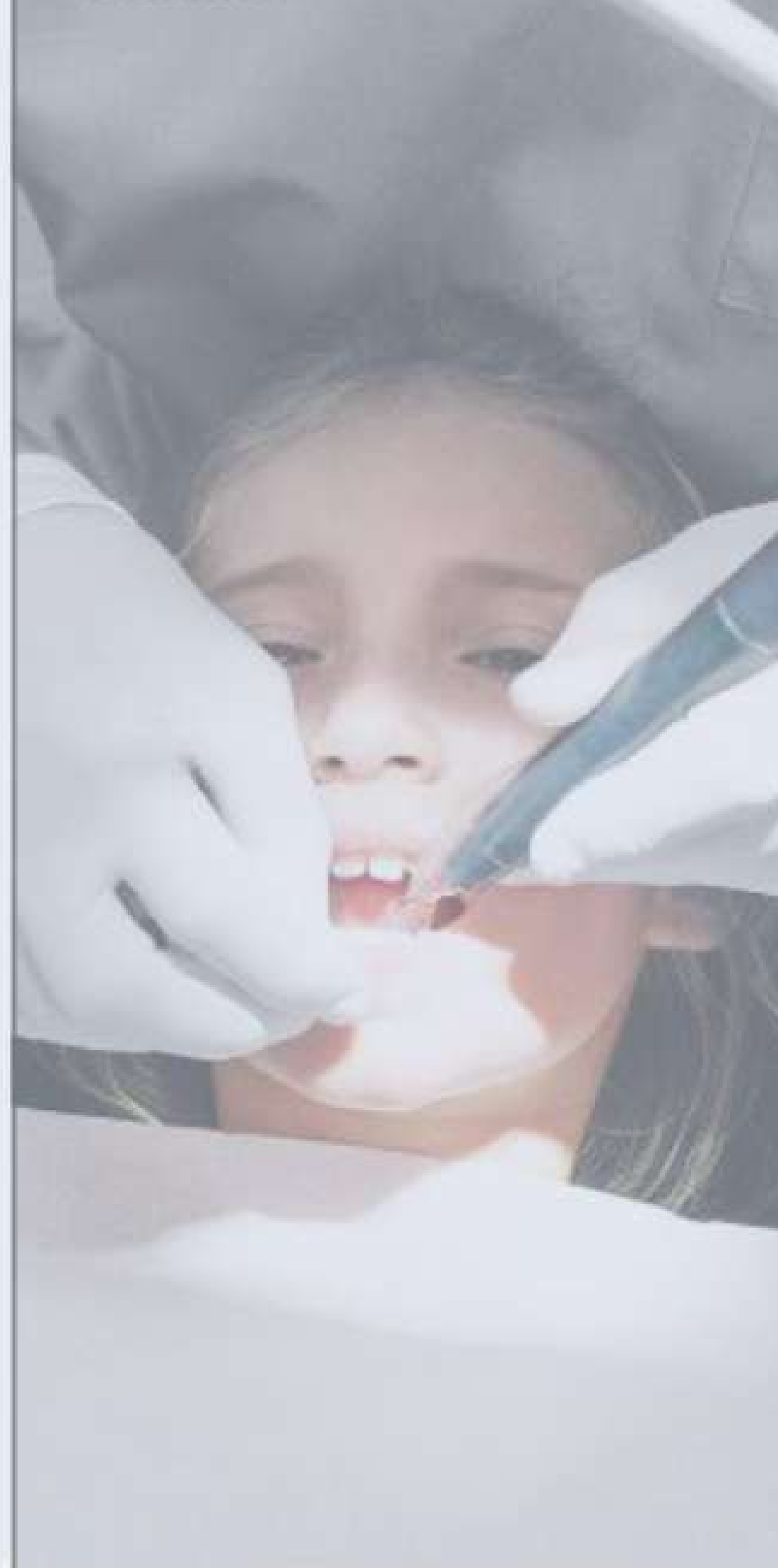
Quel est le son le plus fort de l'histoire?

Pourquoi a-t-on plus de facilité à additionner qu'à soustraire?

130 Bulle de science



112
Crèmes solaires



114
Caries



119
Détecteur d'UV



122
Cécile Charlap



128
Cheveux



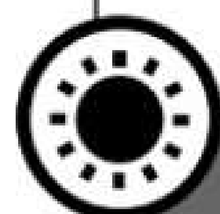
130
Bulle de science

L.VILLERET - A.BRIGNON/SIGNATURES - DR - POLO GARAT - GETTY IMAGES - ILLUS. A.PÉRINET/DÉCAPAGE

Les crèmes solaires en question

Nombre d'estivants comptent sur les crèmes solaires pour s'adonner aux bains de soleil sans danger. Mais plusieurs alertes lancées ces dernières années ont fini par semer le doute : peut-on vraiment leur faire confiance ? Doit-on continuer à les utiliser ?

PAR **NOËLLE GUILLON**



Sont-elles utiles ?

Oui, elles protègent des UV (A et B) et donc du vieillissement de la peau, des coups de soleil et de la plupart des cancers de la peau. Même si leur protection n'est pas totale : l'indice SPF, sur l'étiquette, indique que le produit laisse passer un pourcentage d'UVB égal à 100/SPF (et au maximum trois fois plus d'UVA). Donc une crème d'indice SPF 50 laissera passer 2 % d'UVB (et au maximum 6 % d'UVA). Et encore, ces indices sont calculés pour une dose de 2 mg par cm^2 de peau, soit 6 cuillères à café en moyenne pour le corps d'un adulte, étalées toutes les 2 heures. Or des études récentes montrent une utilisation réelle de 0,5 mg/cm^2. Enfin, certains produits ne seraient pas aussi efficaces que le promet leur étiquette, à en croire plusieurs analyses. Un problème qui a été plus souvent noté dans les crèmes solaires ne contenant que des filtres minéraux (dioxyde de titane et oxyde de zinc), ce qui est notamment le cas de toutes les crèmes bio. Les spécialistes conseillent donc, en plus de la crème solaire, de privilégier l'ombre, les vêtements protecteurs, et d'éviter les heures de fort ensoleillement. Ils conseillent aussi de prendre une crème de SPF 30 minimum, voire 50 pour les enfants (quelle que soit leur couleur de peau), ou en cas de peau ou d'ensoleillement particulièrement à risque. Un conseil valable durant toute la durée de l'exposition, car le bronzage représente un filtre naturel d'indice seulement 3 à 5 ! Notons enfin que plus le produit est visqueux et forme un film continu épais sur la peau, plus la protection est élevée. À indice égal, mieux vaut donc une crème huileuse qu'un spray alcoolique ou un gel.



Certains de leurs sont-ils dangereux

Plusieurs études sur des animaux suggèrent que certains filtres, notamment l'octinoxate, ont un effet de perturbation endocrinienne, néfaste pour la fertilité et le fœtus. L'Agence nationale de sécurité du médicament n'y voit pas une remise en cause de l'innocuité des protections solaires, les effets étant observés à des doses plusieurs centaines de fois supérieures à celles auxquelles sont exposés les humains. Mais plusieurs spécialistes craignent un possible effet "cocktail" : la potentialisation des méfaits par une exposition à plusieurs perturbateurs endocriniens en même temps. Une manière de s'en protéger, au moins partielle-

L.VILLERET - SHUTTERSTOCK



composants pour la santé ?

ment, serait d'*"éviter certains ingrédients qui augmentent la pénétration transcutanée des composants de la crème solaire, notamment l'alcool"*, d'après Céline Couteau, à la faculté de pharmacie de Nantes. Quant aux nanoparticules présentes dans les produits contenant des filtres minéraux, aucun risque n'est démontré. Mais il vaut mieux éviter de s'en asperger directement le visage (pour limiter le risque d'inhalation) et ne pas les utiliser sur une peau blessée ou sur les enfants, car *"les nanomatériaux pénètrent leur peau"*, d'après Philippe Piccerelle, à l'université d'Aix-Marseille.



Sont-elles néfastes pour l'environnement ?

Certains composants de crèmes solaires sont effectivement délétères pour les coraux – et donc pour la biodiversité marine qu'ils abritent. Un constat d'autant plus inquiétant que 14 000 tonnes de ces produits sont déversés dans les océans chaque année ! Certains se veulent donc à présent *"écoresponsables"*. Par exemple, un certain nombre évitent les composants incriminés (en particulier l'oxybenzone, l'octinoxate et l'octocrylène) : c'est le cas notamment de tous les produits bio, qui ne contiennent pas de filtres chimiques mais uniquement des filtres minéraux (du dioxyde de titane et de l'oxyde de zinc). Malheureusement, rien ne garantit l'innocuité des autres composants : *"On connaît encore mal l'effet de ces nouveaux polluants que sont les filtres solaires"*, regrette Didier Stien, chercheur CNRS à Banyuls et auteur d'une étude sur le sujet. Des travaux récents suggèrent d'ailleurs que les filtres minéraux auraient eux aussi des effets toxiques sur les coraux et le phytoplancton. Certains produits revendiquent toutefois une *"stabilité à l'eau"* (autrement dit, le produit resterait collé à la peau et ne se diffuserait pas lors de la baignade) ; mais *"cela n'empêche pas une pollution des stations d'épuration après la douche, qui peut ensuite se retrouver dans les milieux marins"*, prévient Didier Stien, qui reconnaît en revanche l'intérêt d'une autre caractéristique : la biodégradabilité. Même s'*"il reste toujours une part non négligeable de produit"*, précise-t-il.

EN CHIFFRES

1 649

C'est le nombre de noyades accidentelles survenues en France à l'été 2018, d'après l'Institut national de veille sanitaire ; 37,6 % ont concerné des enfants de moins de 13 ans et près d'un tiers se sont produites en piscine. Elle ont été mortelles à 40 % en pleine nature (17 % en piscine). **A.-L.T.**

30 %

C'est la part des bébés français qui ont une "identité numérique" avant même de venir au monde, d'après un sondage sur 1 011 jeunes parents. Près du tiers d'entre eux déclaraient ainsi avoir partagé des clichés échographiques ou annoncé la grossesse sur les réseaux sociaux ou par sms. **E.D.**

61 %

C'est le pourcentage, en hausse constante, de Français ayant eu des troubles de l'érection au moins une fois, d'après un sondage Ipsos. Une fréquence qui augmente avec le stress, la vie en ville, la consommation de pornographie et le temps passé devant les écrans. **L.-P. G.**

Avoir des caries dans l'enfance est mauvais pour les artères

Étude menée à
l'université d'Helsinki (Finlande)

Nombre de cas étudiés
755 participants

Publié dans
"JAMA", avril 2019

Au fil des années, s'accumulent dans nos artères lipides, dépôts calcaires, tissus fibreux et autres "déchets", au point parfois de les obstruer et de provoquer infarctus ou AVC. C'est l'athérosclérose. Si on savait qu'elle était favorisée par une alimentation trop riche en graisses, par le tabagisme, la sédentarité ou encore l'hypertension, l'équipe de Pirkko Pussinen vient de montrer que la santé de nos dents entre également en jeu. Plus exactement, le fait d'avoir eu des caries ou des infections bucco-dentaires pendant l'enfance multiplie par presque deux le risque d'être atteint d'athérosclérose. Pour arriver à cette conclusion, il aura fallu presque trois décennies d'observation! En effet, les chercheurs ont d'abord enrôlé 755 petits Finlandais, auxquels ils ont fait passer un examen bucco-dentaire à l'âge de 6, 9 ou 12 ans. Puis, 27 ans plus tard, ils les ont soumis à un examen par imagerie de la carotide, afin de mesurer l'épaisseur de sa paroi. Ils ont alors constaté qu'elle était plus épaisse – des plaques d'athérome s'y étaient déposées – chez ceux qui avaient eu des infections bucco-dentaires pendant l'enfance. Pour expliquer cette corrélation, les chercheurs émettent plusieurs hypothèses: d'abord, le lien entre infection et inflammation.

Un phénomène inflammatoire

La formation des plaques d'athérome est en partie gouvernée par des phénomènes inflammatoires, eux-mêmes favorisés par les infections. De précédentes études avaient ainsi fait le lien entre infections contractées pendant l'enfance et athérosclérose à l'âge adulte. Caries et athérosclérose pourraient aussi être les conséquences d'une même cause: des microbiotes buccal et intestinal non optimaux. Enfin, les chercheurs n'excluent pas qu'une mauvaise hygiène bucco-dentaire, à l'origine des caries, soit aussi le reflet plus général d'une moins bonne hygiène de vie. **C. Hancok**

A.BRIGNON/SIGNATURES - BBA PHOTOGRAPHY/SHUTTERSTOCK - WESTEND61/G.FERRANDO/GETTY IMAGES

Les riches font preuve de plus d'assurance

Les personnes issues d'un milieu aisé sont bien plus sûres d'elles que celles provenant d'un milieu modeste, qui s'évaluent moins positivement alors qu'elles ont les mêmes compétences. Et cette confiance en soi augmente les chances de réussite car elle permet de convaincre son interlocuteur que l'on est l'homme ou la femme de la situation! C'est ce que montre une équipe américaine qui a testé l'influence du milieu social sur l'estime de soi chez plus de 150000 personnes. "Jour. of Person. and Soc. Psycho.", mai 2019



La science du mouvement donne les meilleures crêpes

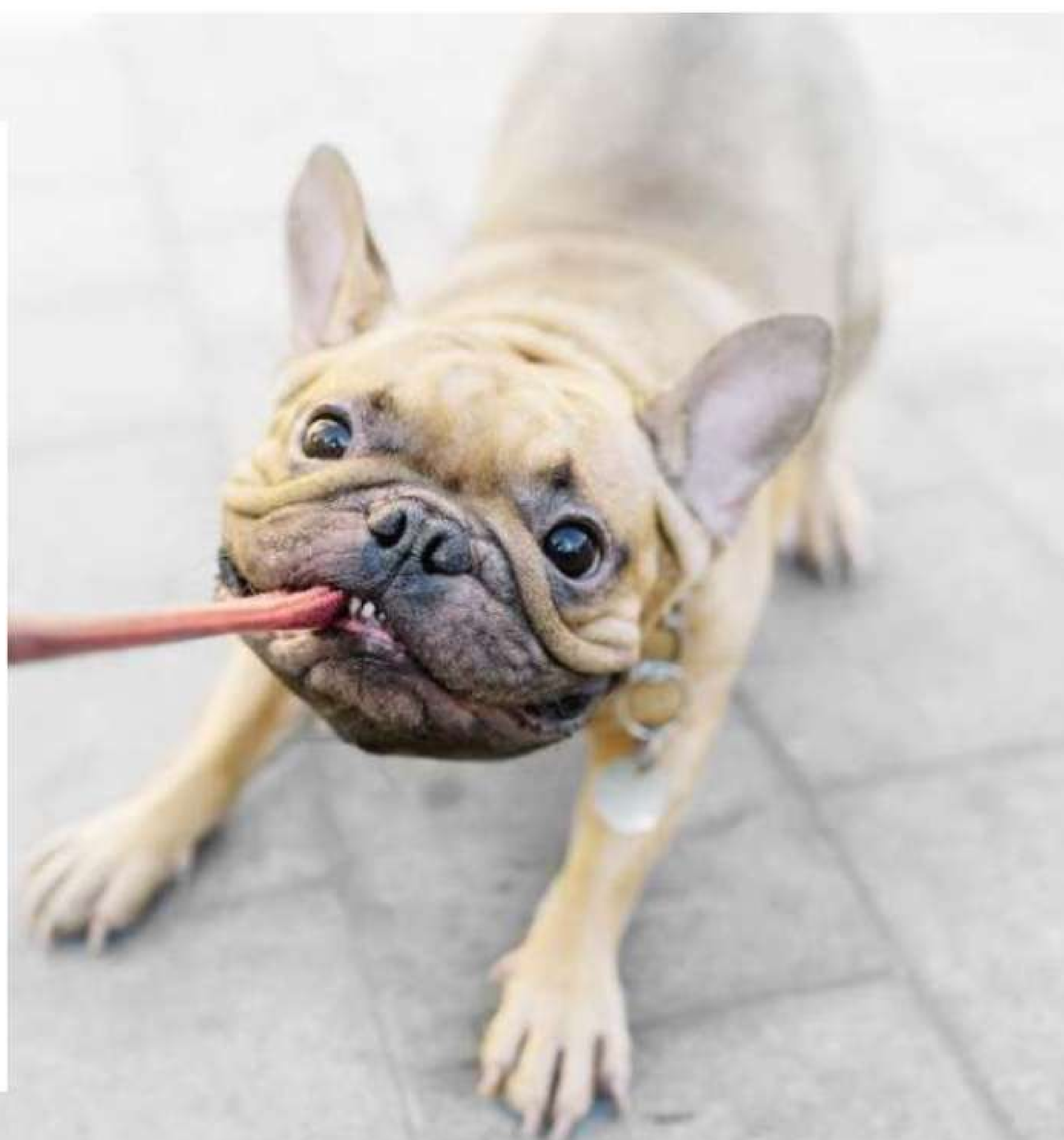
La science permet parfois de vérifier que les recettes ancestrales sont bien les meilleures. Des chercheurs français et néo-zélandais ont montré que la technique la plus efficace pour réussir des crêpes fines et sans trou est aussi la plus intuitive: faire couler la pâte vers un des côtés, puis la faire tourner lentement pour la répartir uniformément (ils ont obtenu jusqu'à 83% d'uniformité). "Phys. Rev. Fluids", juin 2019

On aime toujours le même type de personnes

Une étude canadienne menée pendant 9 ans sur 332 personnes montre que non seulement on choisit un partenaire dont le caractère nous est proche, mais que nos partenaires successifs se ressemblent entre eux! Exception faite des personnes très extraverties. "PNAS", mai 2019

Les maîtres stressés stressent bien leur chien

Certains animaux ressentent particulièrement bien nos émotions. Des chercheurs suédois ont mis en évidence que le taux de cortisol (une hormone liée au stress) dans les cheveux d'un propriétaire de chien était corrélé au taux de cortisol présent dans les poils de son chien. En mesurant les taux de l'hormone à la fin de l'été et au sortir de l'hiver chez 58 couples maître-chien, ils ont montré que ce taux saisonnier ne dépend ni de la race ni de l'activité du chien; et que certains traits de caractère du propriétaire pouvaient influencer le taux de cortisol du chien. Les chercheurs en concluent que les chiens sont des miroirs du niveau de stress de leur maître. "Scientific Reports", juin 2019





Dormir avec une lumière allumée fait prendre du poids

À partir du suivi de 43 722 Américaines pendant 5 ans, des chercheurs ont montré que celles qui dormaient avec une veilleuse, un radio-réveil, une télé allumée ou de la lumière provenant de l'extérieur avaient 20 % de risque supplémentaire de prendre au moins 5 kg ou de sombrer dans le surpoids. Plusieurs hypothèses sont avancées : la lumière réduit le temps de sommeil (ce qui induit fatigue et donc activité physique moindre) mais modifie aussi la synthèse de la mélatonine, provoquant un dérèglement du métabolisme. "JAMA Internal Medicine", juin 2019

La pratique musicale améliore bien les notes

Une étude menée sur près de 110 000 lycéens canadiens a montré que ceux bénéficiant d'une éducation musicale obtenaient de meilleures notes. L'effet est particulièrement visible en anglais, en sciences et en mathématiques. L'apprentissage de la musique permettrait un meilleur développement cognitif, social et émotionnel. "Journal of Educational Psychology", juin 2019

Manger debout diminue la saveur du repas

La position debout, par rapport au fait d'être assis, induit un stress dans le corps qui diminuerait les sensations physiques. Ainsi, quelqu'un qui mange debout va moins apprécier un bon aliment ; tandis qu'il trouvera moins mauvais un aliment qui n'a pas bon goût. "Journ. of Consu. Res.", mai 2019

L'image du héros motive les donneurs de sperme

La meilleure façon d'attirer des donneurs dans les banques de sperme est de miser sur les archétypes d'une masculinité très traditionnelle. Ainsi, en Australie et au Royaume-Uni, des chercheurs de l'université de Londres ont montré que les images et les slogans choisis ne mettaient pas en avant la parentalité et l'altruisme, mais plutôt la bravoure. Les donneurs y sont représentés en soldats, pompiers ou… superhéros. La confirmation de leur masculinité en guise de rétribution symbolique ! "Marketing Theory", mai 2019



GETTY IMAGES - ALEXANDER TOLSTYKH/SHUTTERSTOCK

NOUVEAU TOUS LES DEUX MOIS

Photo SCIENCE&VIE

N°2 . AOÛT-SEPTEMBRE . 2019

N°2 TOUS LES DEUX MOIS




Nikon Z 14-30mm


Canon EOS 250D


Sony FE 135mm


Panasonic G90

PRISE EN MAIN
Fujifilm GFX 100
Un monstre de séduction

QUESTIONS-RÉPONSES
14 pages de pas-à-pas et d'explications

CONCOURS
Vos photos critiquées et primées

PHOTOGRAPHIER LE CIEL NOCTURNE
LA LUNE, LES ÉTOILES, LE PAYSAGE
par Serge Brunier



NATURE
L'ARCTIQUE NOIR SUR BLANC
Un autre regard sur la faune du froid

TECHNIQUE
Scanner
vos vieilles photos, c'est tout un art !

Actuellement en vente
chez votre marchand de journaux ou en ligne sur



Disponible sur KiosqueMag.com

Le vélo qui se déplie pour devenir cargo

Prix : env. 1 100 € (1 400 € avec assistance électrique)
Rens. : www.convercycle.com

Pour ceux qui se déplacent à vélo mais souhaitent transporter avec eux des enfants ou des chargements encombrants, il existe des biporteurs ou des vélos rallongés. Mais ils sont souvent lourds (de 25 à 40 kg) et se montrent peu pratiques pour un usage basique. Conçu par le designer allemand David Maure, Convercycle est un vélo hybride. Composé d'acier, il ne pèse que 18 kg et ressemble à un cycle traditionnel, sauf que sa partie arrière se déplie autour d'un axe sur lequel est également fixé un deuxième pignon, supportant une deuxième chaîne de transmission. En quelques secondes, il devient ainsi un vélo cargo avec une plateforme tubulaire de 75 cm sur 43 cm, capable de transporter une charge de 60 kg ou un jeune enfant dans un siège adapté. La longueur du vélo passe ainsi de 185 à 255 cm. Une vraie prouesse d'ingénieur ! Il dispose également d'une transmission dans le moyeu à 5 vitesses, de freins à disques et de roues de 28 pouces. Il est proposé dans une taille unique qui convient de 1,58 m jusqu'à 1,95 m, et il est aussi disponible dans une version avec assistance électrique (moteur de 250 W). Ce nouveau vélo peut d'ores et déjà se commander sur internet et sera livré dans quelques mois. **B.P.**



Une fois replié, il ne mesure plus que 185 cm et ressemble à n'importe quel vélo. La transmission est assurée grâce à 5 vitesses situées dans le moyeu arrière et une chaîne dédoublée.



Une enceinte audio en guise de pied de lampe

Prix : env. 180 €. Rens. : www.sonos.com

Afin de gagner de la place dans le salon, le géant suédois de l'ameublement Ikea s'est associé à l'entreprise californienne Sonos pour combiner en un seul produit deux objets largement répandus dans les intérieurs : une lampe et une enceinte audio sans-fil. Le résultat prend la forme de cette petite lampe de table baptisée Symfonisk (dimensions : 21 x 40 cm) dont le "pied" renferme un haut-parleur connecté en wi-fi au réseau internet de la maison. Côté lumière, elle offre plutôt une ambiance tamisée car elle accueille des ampoules LED de 400 à 600 lumens maximum. La musique, elle, se contrôle grâce à l'application Sonos Controller, accessible sur smartphone, ordinateur ou tablette. Mais pour avoir un son stéréo, il faudra associer deux lampes Symfonisk. Le gain de place n'est alors plus très évident… **L.B.**

DR



Déplié, Convercycle présente une plateforme tubulaire de 75 cm sur 43 capable de supporter une charge de 60 kg.

Un mini-projecteur pour vraiment faire son cinéma

Prix : env. 230 €. Rens. : www.nebra.com

Le Nebra AnyBeam n'est épais que de 10 cm mais il est pourtant capable de projeter une image de 150 pouces (3,8 m) sur n'importe quelle surface ! Grâce à une technologie laser dernier cri, ce projecteur offre une résolution de 720 pixels et un système de focus automatique, tout en restant très silencieux. Un haut-parleur de 1 W est intégré, ainsi qu'une prise jack. Connectable en HDMI, il est compatible avec tous les appareils – smartphone, appareil photo, ordinateur. Il dispose d'une autonomie de plusieurs heures, après quoi la recharge s'effectue grâce à une batterie externe ou un port USB. **A.L.D.**



Un détecteur d'UV embarqué

Prix : env. 50 €
Rens. : www.laroche-posay.us/my-skin-track-uv-3606000530485.html

La Roche Posay et L'Oréal se sont associés pour créer My Skin Track UV, un capteur de mesure du niveau individuel d'exposition aux UV A et B. Activé par le soleil et rechargeable sur smartphone (technologie NFC), la petite capsule ronde est intégrée à un support métallique pour l'accrocher sur soi. Les données, stockées trois mois maximum par le capteur, sont transférables sur l'application dédiée, qui alerte l'utilisateur lorsque l'indice UV est élevé ou que le temps d'exposition cumulé est atteint, selon le type de peau. À chacun ensuite de se protéger au mieux. **A.P.**



PROTOTYPE



Le sommier qui remet chacun à sa place

Rens. : www.ford.fr

Grappiller l'espace de votre partenaire la nuit, c'est terminé ! Le constructeur automobile Ford a imaginé un prototype de sommier intelligent, capable de renvoyer "l'intrus" dans sa moitié de lit. Contrôle de mouvements, matelas pivotants, récepteurs sensoriels… Cette structure d'un genre nouveau, baptisée "Lane-Keeping Aid Bed", s'inspire d'une technologie automobile d'aide au maintien dans sa voie. Concrètement, des capteurs de pression déclenchent un mécanisme de molettes rotatives pour ajuster le sommier et repositionner le dormeur en faisant pencher sa partie du lit. Impossible, avec ce dispositif, de dépasser l'axe central du matelas. De quoi récupérer de précieuses heures de sommeil, pour éviter fatigue et irritabilité au réveil. Une situation qui concernerait un quart des couples… mais libre à chacun de vouloir dormir collés ! **A.L.D.**



Une souris pour le gaming… et le design 3D

Prix : env. 130 €
Rens. : https://store.lexip.co/

Une souris filaire à la pointe de la technologie ? C'est ce que propose Lepix avec sa Pu94. Le câble garantit en fait une bonne réactivité. Mais c'est surtout le double joystick qui fait l'originalité de cette souris. L'un est situé au niveau du pouce, et l'autre est… la souris elle-même, montée sur un axe rotatif ; ajoutez-y des boutons latéraux et une molette cliquable. Et plus besoin de tapis : les patins en céramique assurent un véritable confort de glisse. Un accessoire qui fera le plaisir des joueurs mais aussi des professionnels qui passent la journée devant un écran. **L.-P. G.**

Un clignotant dans le dos pour les deux-roues

Prix : env. 180 €
Rens. : www.sas-road-light.com

Pour être sûr d'être vu par les automobilistes situés juste derrière vous, la société Road Light SAS propose un dispositif lumineux qui se fixe dans le haut du dos par un harnais. Équipé de clignotants, feu de position, feu antibrouillard et feux de détresse, le Clic-Light s'actionne grâce à une petite télécommande fixée sur le guidon de votre vélo ou trottinette. À noter que contrairement aux lumières qui se fixent sur les casques, celle-ci reste visible même quand on tourne la tête ! Idéal pour les trajets nocturnes en ville. **L.-P.G.**





Grâce à son foil propulsé par un petit moteur électrique à hélices, le surf "vole" jusqu'à 80 cm au-dessus de l'eau.



La stabilité est assurée par deux ailes en forme d'avion qui glissent juste sous la surface de l'eau.

La première chaise conçue par une intelligence artificielle

Prix : non communiqué. Rens. : www.starck.fr

L'histoire de cet objet est inédite… C'est en lisant un article dans *Science & Vie* (n°1192) que le designer Philippe Starck a découvert le principe de la "conception générative", c'est-à-dire la création d'objets assistée par de nouveaux algorithmes d'intelligence artificielle. Partant de là, il a eu l'idée de s'associer avec les entreprises Autodesk (spécialiste en modélisation) et Kartell pour imaginer cette curieuse chaise en polyuréthane. Pour la réaliser, il a demandé aux programmes informatiques d'Autodesk de concevoir un objet stable et solide, mais utilisant le moins de matière possible. Deux ans plus tard, voici le résultat… **M.V.**

DR

Logée sous une trappe, la batterie lithium amovible assure environ une heure d'autonomie.



Le surf électrique qui vole au-dessus de l'eau

Prix : env. 6 500 €. Rens. : http://etakuma.com

Pour ceux qui ont envie de surfer partout, avec ou sans vagues, et quel que soit leur niveau, l'entreprise française Takuma a doté sa nouvelle planche e-Takuma d'un foil électrique. Il s'agit d'un aileron vertical, déjà vu sur certains stand-up paddles et catamarans, qui, avec la vitesse, la fait se soulever à 80 cm au-dessus de l'eau. Sauf qu'ici le foil est propulsé par un petit moteur électrique de 3,9 kW, ce qui permet d'avancer, donc de voler sur l'eau, en toutes circonstances, même sur une mer d'huile ou un lac. Sensations garanties ! Concrètement, le surfeur commence debout sur la planche et module l'accélération grâce à une petite télécommande Bluetooth qu'il tient dans la main. Selon le fabricant, quinze minutes suffisent pour se familiariser avec l'engin. On peut ainsi planer pendant une heure et atteindre 35 km/h en pointe ! Et le moteur s'arrête instantanément dès qu'on tombe à l'eau. Seul hic : ce surf électriq ue cache une batterie (amovible) de 11 kg, ce qui fait, avec la planche de 1,95 m de longueur et le foil (détachable aussi), 28 kg de matériel à transporter… C'est quand même du sport ! **L.B.**

Plongez à 12 m, 45 minutes… sans bouteille !

Prix : env. 1 300 €
Rens. : www.airbuddy.net

Goûter au frisson du grand bleu sans supporter une bouteille de 15 à 20 kg ? C'est ce que propose l'Airbuddy. Un compresseur alimenté par une batterie rechargeable reste en surface grâce à un flotteur et délivre de l'air via un tuyau. Si le prix de ce dispositif paraît élevé, il permet une économie à l'usage… **B.P.**





Une glacière… sans glace

Prix : env. 450 €. Rens. : https://go.gosun.co/solarcooler

L'inconvénient des glacières ? La glace, tout simplement, qui prend beaucoup de place. Pour garder vos boissons et sandwiches au frais sans ce désagrément, la start-up britannique GoSun a développé un appareil qui fonctionne à l'énergie électrique. Doté d'une batterie détachable de 144 Wh, il se recharge sur secteur, via l'allume-cigare d'un véhicule ou grâce à des panneaux solaires (en option). La température est réglable de –20°C à 20°C. Pour une utilisation à 12°C, GoSun estime l'autonomie de la glacière à une douzaine d'heures. **A.L.D.**



LIVRE

La ménopause est construite par la société

Dans notre société occidentale, la ménopause est vécue comme une étape clé du vieillissement des femmes : un sentiment que l'on croit partagé par toutes. Pourtant, il n'en est rien, révèle la sociologue Cécile Charlap dans sa passionnante enquête sur la place réservée à ce phénomène biologique universel… dont la représentation, elle, ne l'est vraiment pas du tout.

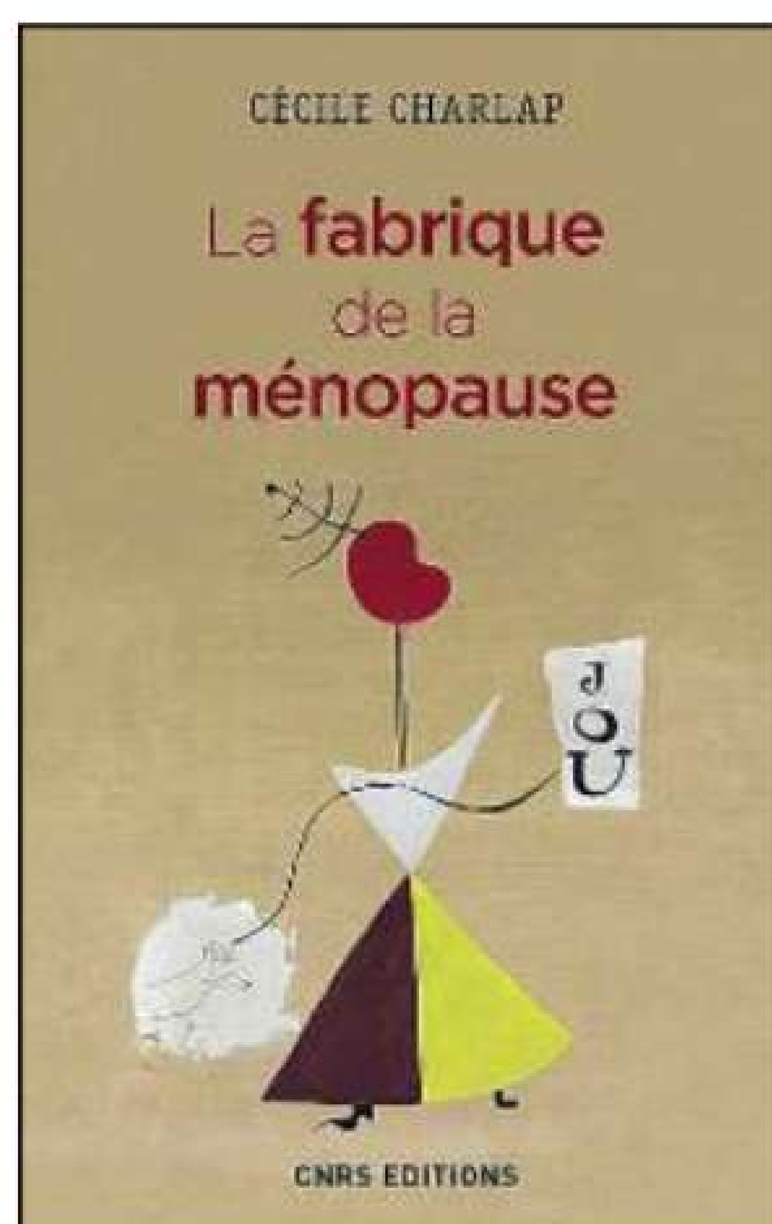
PROPOS RECUEILLIS PAR **CAROLINE TOURBE**



POLO GARAT

S&V : Pourquoi parlez-vous d'une "fabrique" de la ménopause ?

Cécile Charlap : Parce que les représentations associées à la cessation de la fertilité et à la fin des menstruations ont un sens différent selon le contexte culturel et social. L'une des sociétés les plus surprenantes pour nous est peut-être le Japon traditionnel, où il n'y a tout simplement pas de mot pour désigner la ménopause. L'idée qui s'en rapproche le plus est le terme "*konenki*", qui englobe tout un processus de vieillissement : blanchissement des cheveux, douleurs articulaires… L'arrêt des règles n'est qu'une étape parmi d'autres, et les hommes comme les femmes passent par le *konenki*.



LIVRE

- *La Fabrique de la ménopause*
- De Cécile Charlap
- CNRS Éditions
- 263 pp., 20 €

S&V : Pourtant, la fin de la fertilité est un marqueur physiologique universel…

Dans notre société, loin de coïncider avec la fin des menstruations, l'expérience de la ménopause débute en général à partir de la quarantaine par une ménopause "sociale" : la norme enjoint aux femmes de cesser leur activité reproductrice alors qu'elles sont toujours physiologiquement fertiles. Par la suite, le discours médical contribue à fabriquer la ménopause "physiologique" ; et le médecin fournit une grille de lecture des manifestations corporelles et des possibles traitements.

S&V : Cette grille de lecture médicale a-t-elle beaucoup évolué ?

C.C. : Énormément. L'analyse de la rhétorique médicale est d'ailleurs un excellent indicateur. Les premiers ouvrages sur la cessation des règles ont été publiés en France au XVIII[e] s. Leur apparition s'inscrit dans l'intérêt grandissant de la médecine pour les "troubles" féminins. L'"âge critique", le "moment orageux" évoquent alors le danger et le tourment qui y sont

Dans certaines cultures, il n'existe même pas de mot pour désigner ce phénomène

CÉCILE **CHARLAP**

Sociologue, chercheuse au Ceries (université de Lille)

associés. Le mot "ménopause" (du grec *mêniaia*, menstrues, et *pausis*, fin) apparaît en 1816. Il se diffuse sur le terreau de la pathologie du corps (douleurs, inflammations…) et de l'esprit. Avec l'essor de la psychiatrie, le lien entre ménopause et maladie mentale se systématise avec, par exemple, des descriptions de "délire érotique", sorte de fureur sexuelle traversée par des crises de violence.

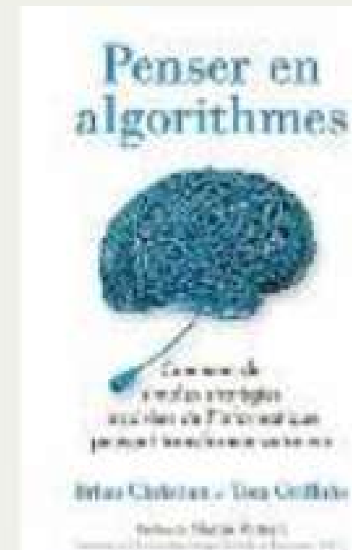
S&V: En quoi la découverte du rôle des hormones dans la reproduction a-t-elle dessiné notre conception actuelle?

C.C.: À partir des années 1930, la découverte du rôle des hormones a pour conséquence une définition de la ménopause basée sur le déséquilibre et la carence. Les taux hormonaux de la femme fertile sont alors considérés comme la norme. À partir des années 1980, l'essor des traitements à base d'hormones de synthèse pousse à généraliser le fameux traitement hormonal substitutif pour permettre aux femmes de revenir… dans la norme. Même si, aujourd'hui, ces traitements n'ont plus le vent en poupe, notamment depuis la publication d'études sur les risques associés, la vision hormonale de la ménopause continue de dominer. Surtout, des pathologies qui étaient auparavant perçues comme coïncidant avec la ménopause sont devenues partie intégrante d'un syndrome global. Aujourd'hui, plus encore qu'un bouleversement physique et émotionnel, la ménopause apparaît comme une atteinte à la bonne santé.

S&V: Que peut apporter cet éclairage sociologique sur la ménopause?

C.C.: Éclairer les dimensions sociales permet d'invalider toute conception homogénéisante. Il ne faut plus prendre comme une évidence l'idée que la ménopause serait une expérience physiologique identique pour toutes.

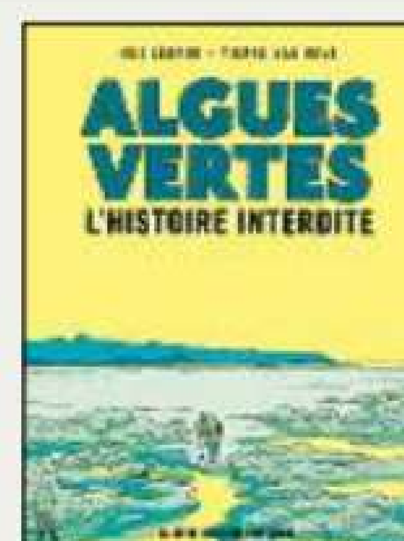
LIVRE



▸ ***Penser en algorithmes***
▸ De Brian Christian et Tom Griffiths
▸ 460 pp., 24,50 €

La proposition est originale: utilisons les méthodes algorithmiques des ordinateurs pour affronter nos petits tracas du quotidien ou certaines décisions difficiles: trouver une place de parking, une maison ou son âme sœur, tenir des délais… Tout en retrouvant la paix intérieure! Attention, pas de psychologie de comptoir ici: le propos est mathématique, touffu mais bien vulgarisé. Inspirant. **V.N.**

LIVRE



▸ ***Algues vertes, l'histoire interdite***
▸ D'Inès Léraud et Pierre van Hove
▸ éd. Delcourt
▸ 160 pp., 19,99 €

Voilà trente ans que l'histoire empoisonne la Bretagne, au sens propre comme au figuré. Pourquoi les algues vertes se sont mises à envahir régulièrement le littoral? Sont-elles vraiment dangereuses pour la santé? Dans cette enquête dessinée, les rencontres avec les lanceurs d'alerte, les scientifiques, les agriculteurs, les industriels et les politiques nous font plonger au cœur d'un système organisé pour ne pas voir les choses en face. Édifiant. **H.P.**



À VOUS DE JOUER

REPÉREZ LE NÉNUPHAR BLANC!

Avec le Conservatoire botanique national de Bailleul
https://www.nenuphar-etang.org

Ils embellissent les étangs de leurs fleurs ovales qui semblent flotter sur l'eau. S'ils inspirent peintres et poètes, les nénuphars intéressent aussi les scientifiques. Et en particulier les nénuphars blancs, qui disparaissent lorsque la qualité de l'eau se dégrade, et réapparaissent lorsqu'elle s'améliore.
À vous de jouer! Si vous avez la chance d'en croiser au cours d'une promenade, faites-le savoir sur le site du programme. Grâce à vous, les scientifiques peuvent détecter des pollutions dans les lacs et les mares de votre région, mais aussi des retours à la propreté. Encore faudra-t-il apprendre d'abord à le reconnaître… Le nénuphar blanc ressemble en effet au petit nénuphar ou au nénuphar jaune, très communs et bien moins sensibles.

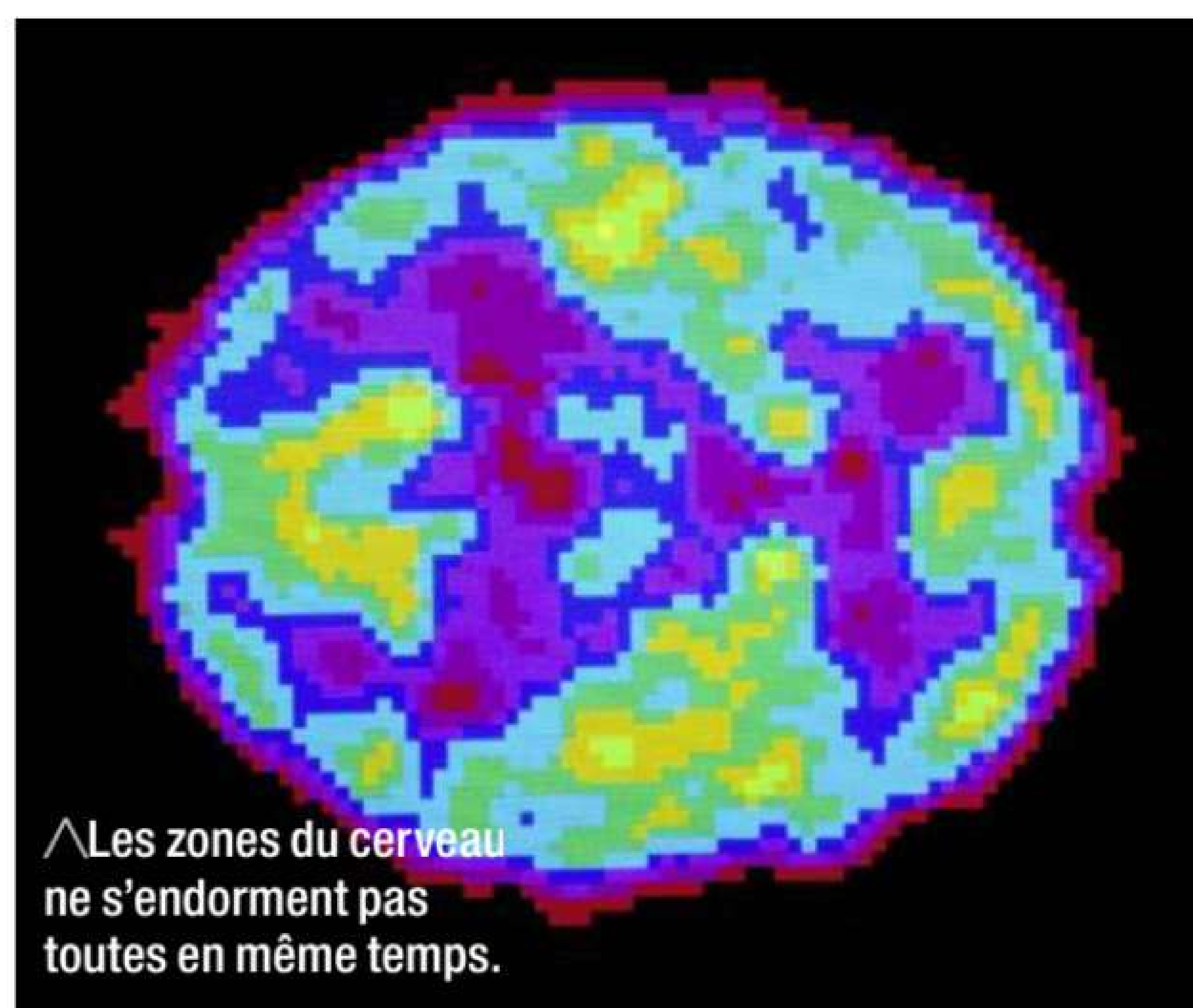
Hugo Struna, du Muséum national d'histoire naturelle

Quel est le son le plus fort de l'histoire ?

Question de Bastien Longeon, Montigny-le-Bretonneux (78)

Celui d'une fusée… ou d'un volcan, selon que l'on se restreint ou non aux sons issus de l'activité humaine. Le son naturel le plus fort jamais mesuré est celui de l'éruption en 1883 du Krakatoa, un volcan indonésien.
Cette explosion n'est pas la plus violente de l'histoire, une poignée d'autres la dépasse – dont celle de Santorin, 1600 ans av. J.-C. –, mais c'est la plus intense jamais enregistrée : même si, à l'époque, l'unité de mesure du son – le décibel (dB) – n'existait pas encore, on connaît les variations de pression atmosphérique aux abords du Krakatoa et on peut donc en déduire l'intensité du son : *"172 dB à 150 km de l'éruption"*, précise Hector Garcia Mayen, du Laboratoire de mécanique et d'acoustique de Marseille. Le bruit était si fort qu'il a été entendu sur l'île Rodrigues, située à plus de 4 800 km du volcan ! À proximité immédiate, il devait dépasser les 200 dB, soit plusieurs centaines de milliards de fois la voix humaine – l'échelle des décibels est en effet logarithmique, ajouter 3 dB revient donc à multiplier l'intensité sonore par 2 : le son d'une conversation tourne autour de 70 dB ; celui d'un avion à réaction, 150 dB… Encore plus près du cratère, le son devait même dépasser le seuil des 210 dB… et disparaître. Car au-delà de cette limite, explique Hector Garcia Mayen, *"il n'y a plus de son. La variation de pression est telle qu'elle déforme le milieu : il se crée des zones vides dans l'air et il ne reste qu'une onde de choc."* Quant au bruit le plus fort de l'activité humaine jamais enregistré, c'est le décollage de Saturn V, la fusée géante développée par la Nasa pour le programme spatial Apollo : 204 dB à 10 m de distance ! Mais il est probable que l'intensité sonore des bombes atomiques – qui n'a évidemment pas été mesurée – dépassait encore cette valeur… **C.H.**





Les zones du cerveau ne s'endorment pas toutes en même temps.

HANK MORGAN/SPL/COSMOS - SCIENCE & SOCIETY PICTURE LIBRARY/GETTY IMAGES - B.BOURGEOIS

Peut-on avoir conscience

Question de Bénédicte Poulain, Montgiscard (31)

"C'est possible, mais en général nous perdons conscience au cours de l'endormissement, un processus assez lent", répond Hélène Bastuji, chercheuse au Centre de recherche en neurosciences de Lyon. Lorsque nous tombons dans les bras de Morphée, l'activité de notre cerveau ralentit. Les chercheurs ont longtemps cru que toutes les structures cérébrales changeaient de rythme en même temps. Mais en 2010, l'équipe d'Hélène Bastuji a découvert qu'il en était



Le décollage du lanceur Saturn V est le son le plus intense produit par l'homme.

du moment où l'on s'endort ?

autrement, grâce aux enregistrements recueillis par des électrodes placées dans le cerveau de personnes épileptiques en train de s'assoupir (à l'origine pour rechercher les foyers de leurs crises). *"Nous avons remarqué que le thalamus s'endort avant le cortex cérébral, parfois vingt minutes plus tôt"*, souligne cette spécialiste. Or le cortex est le siège de la conscience ! S'il s'assoupit après les structures profondes du cerveau, cela pourrait vouloir dire que les sens demeurent en éveil, les aires sensorielles et la zone fronto-pariétale (lieux de traitement des informations) restant actives… Cet endormissement différé pourrait expliquer les sensations de flottement que l'on éprouve parfois aux portes du sommeil. Mais on n'en sait pas plus : les chercheurs n'ont pas mesuré le ralentissement de l'activité relative de ces zones spécifiques du cortex. Les relations entre le cycle veille-sommeil et la conscience n'ont pas tout révélé de leurs nombreux mystères… **N.P.**

Pourquoi l'eau pure est-elle toxique ?

Question de Martin Spriet, Criquetot-l'Esneval (76)

En soi, l'eau pure ne pose pas de problème particulier si l'on en boit peu. Mais ce sera le cas si elle est consommée régulièrement, parce qu'elle ne contient pas de minéraux, comme le sodium, le calcium, le magnésium… Or ils sont nécessaires au fonctionnement de notre organisme : le sodium est essentiel pour l'hydratation ; le calcium, pour la coagulation ; le magnésium, pour la transmission de l'influx nerveux et la contraction musculaire… Pire, l'eau pure *"peut augmenter le risque de lavage de ces minéraux hydrosolubles qui seront trop excrétés en regard des apports"*, précise le psychophysiologiste et chimiste Thierry Thomas-Danguin (Inra/CSGA). Voilà pourquoi une eau déminéralisée n'est pas considérée comme potable. **K.B.**

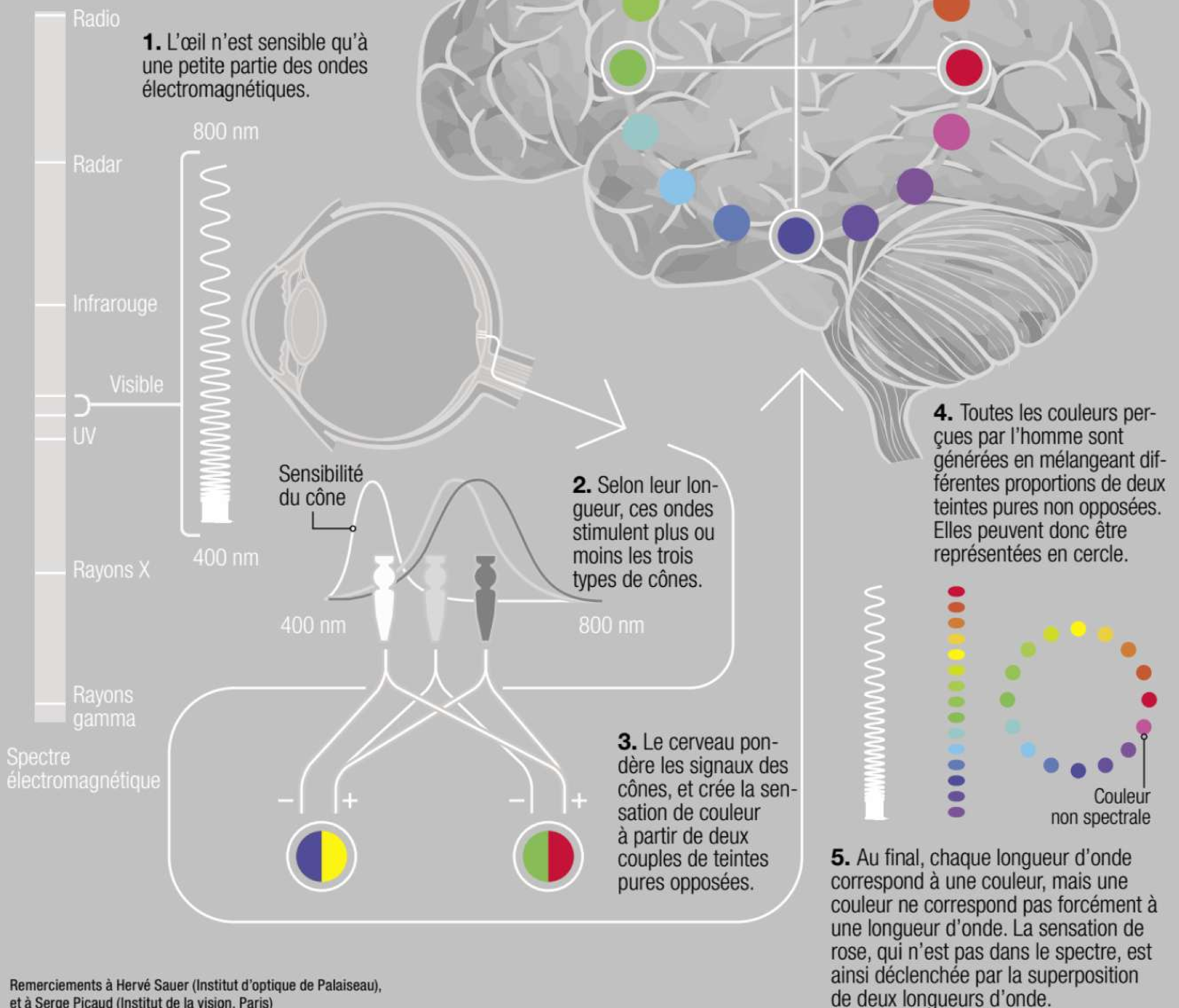


Pourquoi les couleurs se représentent-elles en cercle ?

Question de Philippe Carraud, Foissy-lès-Vézelay (89)

Parce qu'une couleur n'est pas une traduction littérale d'une longueur d'onde de lumière ! C'est une sensation qui naît de la stimulation de capteurs tapissant l'œil (les cônes), et d'un traitement complexe par le cerveau, dont la modélisation fait encore débat.

G.L. ET L.-P.G.



Remerciements à Hervé Sauer (Institut d'optique de Palaiseau), et à Serge Picaud (Institut de la vision, Paris)

A. DAGAN - DE AGOSTINI/GETTY IMAGES - P. PARKER/SPL/COSMOS

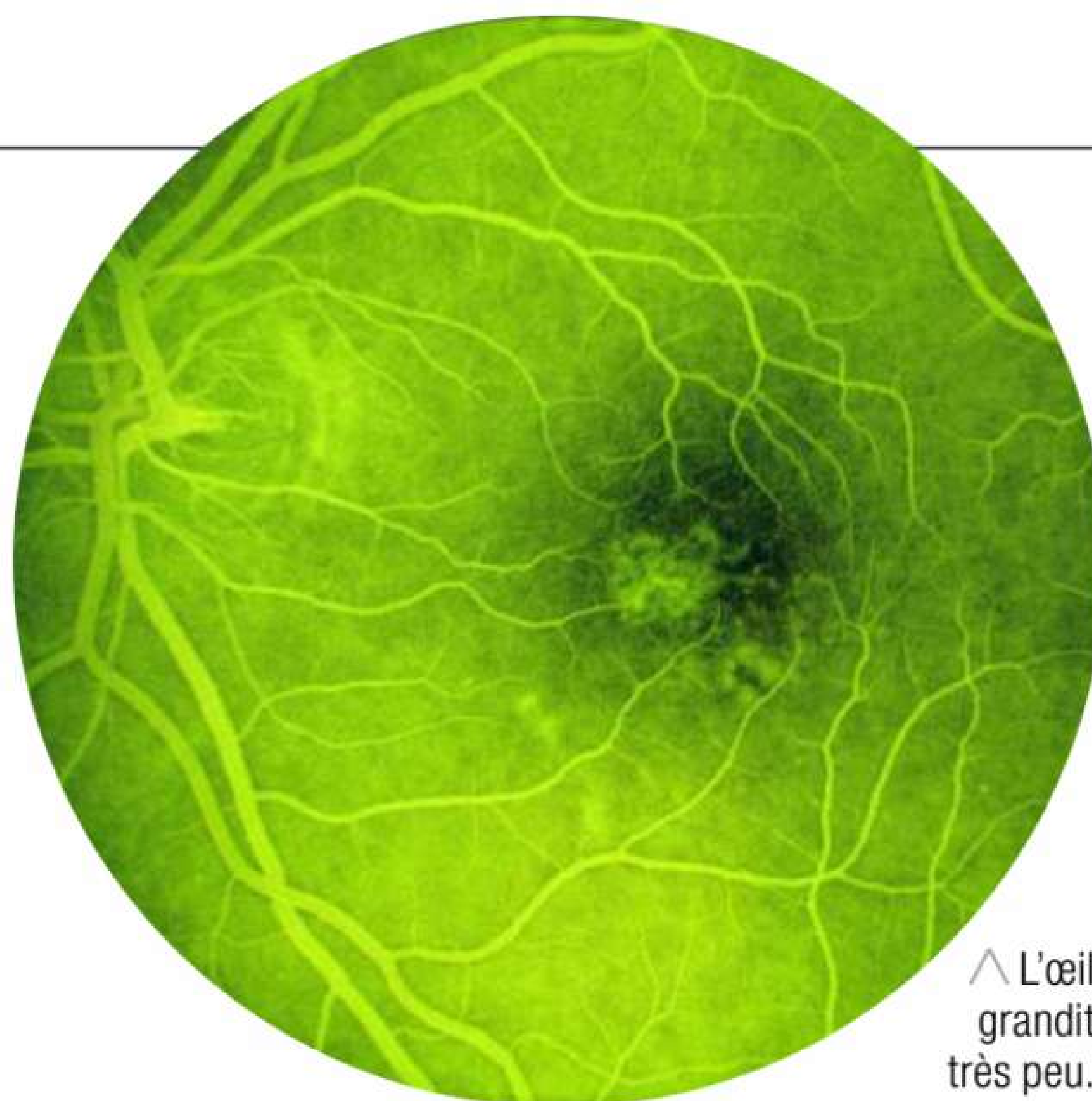
Pourquoi les marées sont-elles si faibles aux Caraïbes ?

Question de Reine et Jacques Airaudo, Le Pecq (78)

Il est vrai que dans les Caraïbes, le marnage, c'est-à-dire la différence entre pleine mer et basse mer, est de 60 cm en moyenne. Bien loin des 13 m qu'il peut atteindre au mont Saint-Michel. Néanmoins, souligne Vincent Donato, responsable du département Marées et courants au Service hydrographique et océanographique de la Marine, *"les petites marées sont plutôt la règle ! À l'échelle du globe, le marnage dépasse rarement 1 m. Ce sont les grandes marées comme celles des côtes françaises de l'Atlantique et de la Manche qui font exception".* Car c'est l'interaction entre l'onde de marée – sorte de bourrelet à la surface de l'eau dû à l'attraction de la Lune – et les masses continentales qui va déterminer le marnage moyen. Si les fonds océaniques descendent lentement, comme aux abords des côtes atlantiques européennes, cette masse d'eau supplémentaire va s'étaler et provoquer un marnage élevé. *"Au mont Saint-Michel, la côte forme, en plus, un goulet d'étranglement dans lequel l'eau s'accumule"*, précise Vincent Donato. À l'inverse, quand les fonds océaniques sont profonds, comme aux Caraïbes, le marnage est faible. **C.H.**



Les fonds marins profonds limitent le marnage.

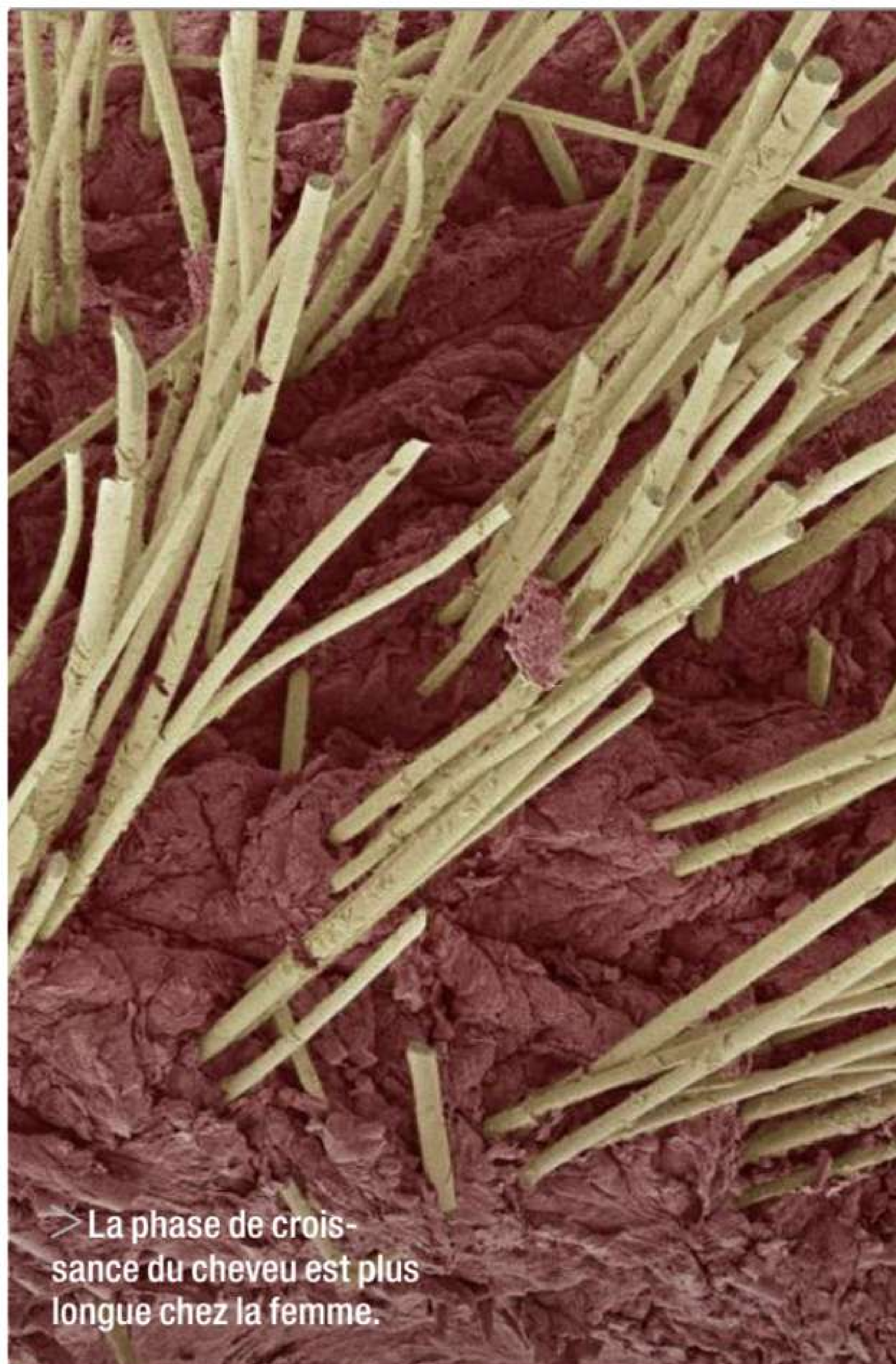


L'œil grandit très peu.

Tous les organes du corps grandissent-ils ?

Question de Marylyne Paul, Louvain (Belgique)

Oui, tous nos organes grandissent au cours de la croissance. Mais certains évoluent beaucoup moins que d'autres. L'œil, en particulier, est l'organe qui grandit le moins. Et sa taille (la distance entre ses deux extrémités : la cornée et la macula, située au fond de la rétine) est particulièrement bien documentée, car lorsqu'elle est trop importante, elle provoque une myopie : *"Quand on naît, l'œil fait en moyenne 18 mm. À l'âge de 2 ans, il fait à peu près 21,5 mm, pour finalement atteindre sa taille définitive de 23 mm à l'âge adulte"*, détaille le Dr Pierre Pegourié, ophtalmologiste à Rives (Isère). Ce qui fait tout de même une croissance de l'ordre de 20 %… mais qui reste inférieure à celle du cerveau, le deuxième organe qui se développe le moins : il ne grossit que de 25 % au cours de la vie. Ces deux taux de croissance sont sans commune mesure avec ceux d'autres organes, dont la longueur peut être multipliée par quatre et donc atteindre un accroissement de 400 % ! Sans parler des testicules : *"C'est probablement l'organe qui gagne le plus en volume au cours de la vie*, remarque Frédérique Gastaud, endocrinologue et pédiatre à Nice. *Son volume à l'âge adulte dépasse 16 ml alors qu'il est de seulement 1 à 2 ml à la naissance."* **A.L.D.**



> La phase de croissance du cheveu est plus longue chez la femme.

Les hommes ont-ils naturellement les cheveux plus courts que les femmes ?

Question de Vianney Robert, Paris (15e)

Oui ! Si un homme et une femme se laissent pousser les cheveux de concert, ceux de la femme devraient finir par être plus longs que ceux de son compère, même si la vitesse de pousse est la même quel que soit le sexe – autour de 1 cm par mois. *"Le cycle du cheveu est composé de trois phases : la phase anagène, correspondant à la croissance du poil ; la phase catagène, correspondant à l'arrêt de cette croissance ; et la phase télogène, correspondant à la chute du poil"*, détaille le Dr Philippe Assouly, dermatologue et spécialiste des cheveux et du cuir chevelu. Or, même s'il y a bien entendu de grandes variabilités individuelles et ethniques, la phase anagène dure généralement plus longtemps chez la femme. Ainsi, en moyenne, est-elle estimée à six ans pour une femme contre trois ans pour un homme. Pourquoi cette différence ? On ne sait pas, le haut du crâne de la femme n'ayant pas besoin d'une protection supérieure à celui de l'homme. Ce dimorphisme sexuel étonnant est peut-être un simple atout de séduction. **F.C.**

Pourquoi a-t-on plus de facilité à additionner qu'à soustraire ?

Question de Jean-Jacques Lemahieu, Lambersart (59)

"A priori, le concept de soustraction n'est pas plus compliqué que celui d'addition, répond Catherine Thevenot, chercheuse en psychologie à l'université de Lausanne. *C'est la mise en œuvre qui pose problème."* L'une et l'autre opération arithmétique sont également intuitives. Cela a été montré dès les années 1990, par une expérience réalisée avec des bébés : ajouter ou retirer une figurine devant eux déclenche une même réaction. Sauf que lors de l'apprentissage, plusieurs facteurs favorisent l'addition. La verbalisation d'abord : on apprend à énoncer les chiffres par ordre croissant, aussi avons-nous toujours plus de mal à compter dans le sens de la soustraction ; et ensuite viennent les programmes scolaires : *"On apprend l'addition de manière très précoce"*, souligne la chercheuse. Les enfants commencent donc à soustraire en faisant une addition inversée : pour calculer 5-2, on cherche le nombre qui, additionné à 2, donnera 5 comme résultat. **A.D.**

GAGNEZ UN ABONNEMENT D'UN AN À SCIENCE & VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous !

Nous ne pourrons répondre à tous, mais les auteurs des questions sélectionnées se verront offrir un abonnement d'un an à *Science & Vie* (pour eux-mêmes ou une personne de leur choix).

Envoyez vos questions, en indiquant clairement votre adresse postale, à : sev.qr@mondadori.fr ou bien par courrier à :

SCIENCE & VIE QUESTIONS/RÉPONSES
8, rue François-Ory
92543 MONTROUGE CEDEX

GETTY IMAGES

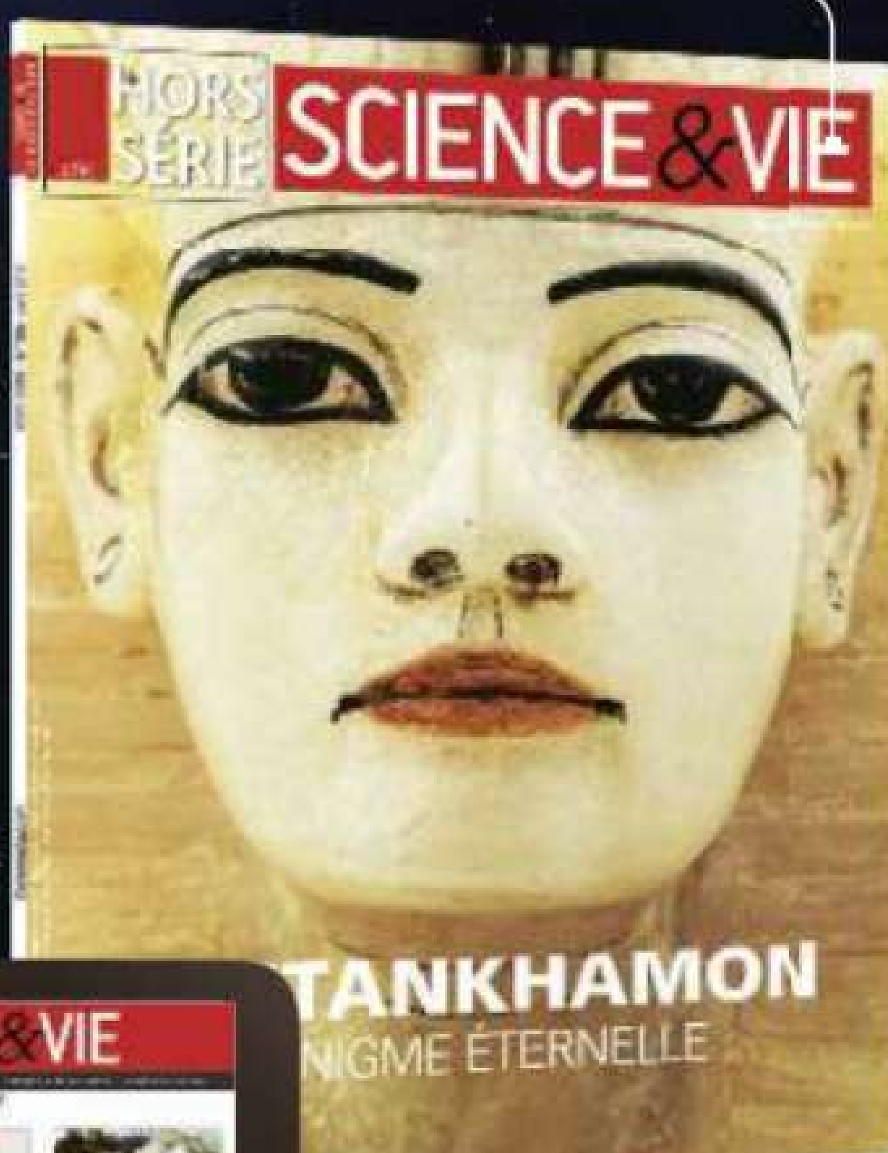
Abonnez-vous à SCIENCE&VIE

Photo non contractuelle. Image : istockphotos.com

1 numéro par mois



6 hors-série par an





L'accès au site en illimité et à 10 ans d'archives

La version numérique offerte !

4,90€ par mois au lieu de ~~9,36€~~*

-47% de réduction

SANS ENGAGEMENT

1 numéro par mois
+ **6 hors-série** par an
+ **l'accès au site web et à l'appli en illimité**
+ **l'accès à 10 ans d'archives**
+ **la version numérique**
+ **EN CADEAU : la batterie de secours**



Cette batterie de secours USB est l'accessoire idéal pour augmenter la durée de batterie de votre Smartphone, Tablette, MP3 / MP4,…

Dimensions : 9,7 x 2,6 x 2,3 cm. Puissance 2200mAh. Livrée avec un câble USB / micro USB de 30cm.

BULLETIN D'ABONNEMENT à retourner sous enveloppe affranchie à : Service abonnements Science&Vie - CS 90125 - 27091 Evreux Cedex 9

KIOSQUE mag — *Découvrez toutes nos offres sur* **KiosqueMag.com**

SV1223

1 Je choisis mon offre d'abonnement et mon mode de paiement :

LA MEILLEURE OFFRE **-47%**

☐ **L'offre liberté avec hors-série :**
Science&Vie chaque mois + 6 hors-série par an + l'accès au site + **EN CADEAU : la batterie de secours**
pour **4,90€ par mois** au lieu de ~~9,36€~~*. [1035765]
Résiliable à tout moment sans frais. Tarif garanti 1 an, après il sera de 5,55€ par mois.

Je complète l'IBAN et le BIC à l'aide de mon RIB et je n'oublie pas de **joindre mon RIB**.

IBAN :

BIC : 8 ou 11 caractères selon votre banque

Vous autorisez Mondadori Magazines France, société éditrice de Science&Vie à envoyer des instructions à votre banque pour débiter votre compte, et votre banque à débiter votre compte conformément aux instructions de Mondadori Magazines France. Créancier : Mondadori Magazines France 8, rue François Ory - 92543 Montrouge Cedex 09 France. Identifiant du créancier : FR 05 ZZZ 489479

Les offres 1 an :

☐ La formule avec HS : 1 an – 12 numéros + 6 hors-série **-40%**
+ l'accès au site + **EN CADEAU : la batterie de secours**
pour **66,90€** au lieu de ~~112,30€~~*. [1035773]

☐ La formule sans HS : 1 an – 12 numéros **-35%**
+ l'accès au site pour **49,90€** au lieu de ~~76,80€~~*. [1035781]

☐ **Par chèque bancaire** à l'ordre de Science&Vie

☐ **Par carte bancaire :**

Expire fin : / Cryptogramme :

2 J'indique les coordonnées du bénéficiaire de l'abonnement :

Nom** : Prénom** :

Adresse postale** :

CP** : Ville** :

Date de naissance : (pour fêter votre anniversaire)

Tél. (de préférence portable): (Pour vous envoyer un SMS en cas de problème de livraison)

Email :

(Pour gérer votre abonnement, accéder à vos services numériques et recevoir nos offres promotionnelles. Votre adresse e-mail ne sera pas communiquée à des partenaires extérieurs)

Dater et signer obligatoirement :

À :

Date : / /

Signature :

*Prix de de référence. Offre réservée aux nouveaux abonnés en France Métropolitaine valable jusqu'au 30/09/2019. DOM-TOM et autres pays nous consulter. Le produit vous sera adressé dans un délai de 4 semaines après réception de votre règlement et dans la limite des stocks disponibles. Vous disposez, conformément à l'article L 221-18 du code de la consommation, d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception du magazine en notifiant clairement votre décision à notre service abonnement. Le coût du renvoi de(s) produit(s) est à votre charge. Responsable de traitement des données personnelles : Mondadori Magazines France SAS. Finalités du traitement : gestion de la relation client, opérations promotionnelles et de fidélisation. Données postales et téléphoniques susceptibles d'être transmises à nos partenaires. Conformément à la Loi informatique et Libertés du 6-01-78 modifiée, vous pouvez exercer vos droits d'opposition, accès, rectification, effacement, portabilité, limitation à l'utilisation de vos données ou donner vos directives sur le sort de vos données après décès en écrivant à Mondadori France-DPD, c/o service juridique, 8 rue François Ory, 92543 Montrouge cedex, ou par mail à dpd@mondadori.fr. Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - www.cnil.fr. Pour toute autre information, vous pouvez consulter nos CGV sur kiosquemag.com

D'après une question de **Thérèse Hanne, internet**













PAR JEAN-BAPTISTE VEYRIERAS. REMERCIEMENTS: JEFF STEINHAUER, TECHNION (HAÏFA, ISRAËL) - ILLUSTRATION ALBAN PÉRINET/DÉCAPAGE

PRÉHISTOIRE
UNE ÉNIGME MODERNE

JUSQU'AU 16 SEPTEMBRE 2019

PRÉHISTOIRE

En partenariat média avec
4
arte
L'OBS
LES CAHIERS SCIENCE & VIE
UGC
france culture

Centre
Pompidou



MINI HATCH 3 PORTES. EXPLOREZ LA VILLE.

Vous pensiez tout connaître de votre ville ? Redécouvrez-la avec votre nouvelle MINI. Explorez-la de jour comme de nuit avec ses projecteurs full-LED. Décelez les meilleures adresses avec MINI Connected et sa conciergerie. Gagnez du temps grâce au GPS avec Info Trafic en temps réel. MINI Hatch, plus que jamais un style unique.

À PARTIR DE **230€/ MOIS.*** SANS AUCUN APPORT.
LLD 36 MOIS. ENTRETIEN** INCLUS.



Exemple pour une MINI ONE 75 CH 3 PORTES. Location Longue Durée sur 36 mois et pour 30 000 km intégrant l'entretien et l'extension de garantie. 36 loyers linéaires : 229,99 €/mois. *Offre réservée aux particuliers, valable pour toute commande d'une MINI ONE 75 CH 3 PORTES jusqu'au 30/09/2019 dans les MINI STORES participants. Exclusion faite des montants relatifs aux bonus ou malus écologiques susceptibles de s'appliquer. Sous réserve d'acceptation par MINI Financial Services - Département de BMW Finance - SNC au capital de 87 000 000 € RCS Versailles B 343 606 448 TVA FR 65 343 606 448. Courtier en Assurances immatriculé à l'ORIAS n°07 008 883 (www.orias.fr). Consommation en cycle mixte : **5,4 l/100 km.** CO_2 **: 122 g/km** selon la norme européenne NEDC Corrélée. Modèle présenté: MINI F56 Cooper S 3 PORTES : **Loyer : 449,99 €/mois.**
**Hors pièces d'usure.